

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Fakultet ekonomije i turizma
«Dr. Mijo Mirković»

ELENA BIČIĆ

IZVORI ENERGIJE, RAZVOJ I ALOKACIJA

Završni rad

Pula, 2015.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli
Fakultet ekonomije i turizma
«Dr. Mijo Mirković»

ELENA BIČIĆ

IZVORI ENERGIJE, RAZVOJ I ALOKACIJA

Završni rad

JMBAG: 2486-E, redoviti student

Studijski smjer: Turizam

Predmet: Ekonomska povijest

Mentor: prof.dr.sc. Marija Bušelić

Pula, rujan 2015.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani Elena Bičić, kandidat za prvostupnika ekonomije ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student:

U Puli, 28. 9. 2015.

Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	3
2.1 Sunčeva energija.....	5
2.1.1 Razvoj korištenja Sunčeve energije	5
2.1.2 Principi direktnog iskorištavanja Sunčeve energije	7
2.2 Energija vjetra.....	10
2.2.1 Povijesni razvoj korištenja energije vjetra.....	10
2.2.2 Osnovni dijelovi vjetroelektrana	12
2.2.3 Ekološke značajke primjene energije vjetra	13
2.3 Energija vodenih tokova	14
2.3.1 Hidroenergija	15
2.3.2 Podjela hidroelektrana i njezini dijelovi	16
2.4 Energija vodika	18
2.5 Energija iz biomase	19
2.6 Energija iz okoliša	20
3. NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	23
3.1 Ugljen.....	24
3.1.1 Povijest uporabe ugljena i njegove vrste	24
3.1.2 Eksploatacija ležišta i transport ugljena	25
3.1.3 Utjecaj na okoliš	27
3.2 Nafta	29
3.2.1 Eksploatacija i prerada nafte	29
3.2.2 Negativni utjecaji korištenja nafte	30
3.3 Prirodni plin	31
3.3.1 Nalazišta prirodnog plina.....	31
3.3.2 Vađenje i transport prirodnog plina	32
3.4 Nuklearna energija	34
3.4.1 Povijesna zbivanja	34
3.4.2 Fizikalne osnove nuklearne fisije i fuzije	35
3.4.3 Nuklearne elektrane	36
3.4.4 Nuklearni gorivni ciklus	38
3.4.5 Utjecaj na okoliš	39

4. ALOKACIJA RESURSA U SVIJETU	41
5. ZAKLJUČAK	45
LITERATURA	47
POPIS SLIKA	52
Sažetak.....	53

1. UVOD

Tema ovog završnog rada jesu izvori energije, njihov razvoj i alokacija. Energija je fizikalna veličina kojom se opisuje međudjelovanje i stanje čestica nekog tijela te njegovo međudjelovanje s drugim česticama ili tijelima, odnosno sposobnost obavljanja rada. Jedinica za energiju je džul (J).

Govoreći o energiji mogu se razlikovati energetske resursi i rezerve, izvori, vrste i oblici energije. Energetski resursi su svi na Zemlji dostupni izvori energije koji mogu biti obnovljivi i neobnovljivi. Energetske rezerve su samo oni izvori energije koji se geološki i geografski mogu točno odrediti i koji se uz postojeće gospodarske uvjete i stanje tehnike mogu učinkovito iskorištavati. One obuhvaćaju postojeće, do sada otkrivene i većim dijelom iskorištavane izvore (obnovljive i neobnovljive), dok resursi obuhvaćaju sveukupne, na Zemlji raspoložive izvore. Izvori energije su sredstva koje služe za pretvorbu energije, odnosno koja su nama neki oblik energije (npr. ugljen, prirodni plin, Sunce, vjetar itd). Vrste energije podrazumijevaju pojavnost, odnosno načine na koji se uočava djelovanje energije, što je jednim dijelom povezano s njezinim izvorima (npr. energija vode, goriva, potencijalna, kinetička itd). Oblici energije obuhvaćaju izvore i vrste energije, ovisno o njihovom mjestu u procesima pretvorbe (primarna, sekundarna, konačna i korisna energija). Primarni izvori energije su izvori koji se dobivaju izravno iz prirode i koji još nisu prošli nijedan proces pretvorbe, a mogu biti: fosilni (npr. kameni i mrki ugljen, sirova nafta, prirodni plin i plinski kondenzat i sl), nuklearni (npr. uran, torij itd), obnovljivi (Sunčeva, vjetrena, energija vodenih tokova, biološkog ili geološkog porijekla itd). Sekundarni izvori energije su izvori koji su raznim tehničkim postupcima pretvorbe dobiveni iz primarnih (npr. koks, briketi, benzin, loživo ulje, električna struja, toplina itd). Konačna energija su izvori ili vrsta energije koji krajnjem korisniku stoje na raspolaganju (npr. toplina, električna struja, razna goriva i sl). O načinu njihove primjene odlučuje korisnik te ih odgovarajućim procesima pretvara u korisnu energiju. Konačnu energiju stoga čine i primarni i sekundarni izvori. Korisna energija je onaj dio energije koji se dobiva nakon oduzimanja svih gubitaka koji nastaju pri procesima dobivanja, prerade, pohrane i prijenosa primarnih i sekundarnih izvora te pretvorbe konačne energije. Korisna je energija krajnjem korisniku na raspolaganju u njemu najprikladnijem obliku (npr. toplina iz radijatora, zvuk iz zvučnika, rashladna energija iz klima-uređaja i sl).¹

¹ Labudović, B. (2002.) *Obnovljivi izvori energije*. Zagreb: Energetika marketing, str. 18-21.

Cilj završnog rada je definirati izvore energije na temelju njihove opće podjele na obnovljive i neobnovljive izvore. Svrha rada je ukazati sve veću važnost obnovljivih izvora, odnosno upozoriti na sve manju raspoloživost neobnovljivih izvora energije, ali i o štetnim posljedicama koje oni sa sobom nose.

Prilikom izrade rada korišteni su različiti izvori, stručna literatura, Internet, no autorica je iznijela i neka svoja osobna stajališta o određenoj temi.

Završni se rad sastoji od pet dijelova. U uvodu je postavljen predmet istraživanja, te su definirani osnovni pojmovi. Također, definirani su cilj i svrha istraživanja i struktura rada. Drugi dio je prikaz izvora energije s obzirom na kategoriju obnovljivih izvora, a u trećem se dijelu prikazuju isto izvori energije samo s aspekta neobnovljivih izvora energije. Četvrti dio se odnosi na alokaciju resursa na globalnoj razini. U zaključku su iznijete spoznaje, te razmišljanja autorice do kojih se je došlo obradom zadane teme. U posljednjem dijelu, literaturi, iznijeti su svi korišteni izvori pri obradi teme završnoga rada, poredani po abecednom redu.

2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Obnovljivi ili neiscrpivi izvori energije su oni koji su na Zemlji na raspolaganju u neograničenim količinama. Procesima pretvorbe oni se troše, a njihove se količine samo privremeno iscrpljuju, odnosno uvijek se mogu nadoknaditi ili obnoviti. Možemo ih nazvati i alternativnim izvorima energije.²

Od pronalaska električne struje jedan je stari obnovljivi izvor počeo sve više dobivati na značenju, a to je energija vodotokova. Pokazalo se kako njegova primjena također značajno utječe na okoliš jer nakon potapanja dolina ispod vode nerijetko ostaju biljke koje truljenjem stvaraju metan. Sedamdesetih godina prošloga stoljeća, u doba energetske kriza³, u većini razvijenih zemalja započinju opsežni programi za povećanje energetske učinkovitosti, primjerice za poboljšavanje energetske postrojenja (elektrana, toplana, kotlova i sl). Usporedno s tim pojavljuju se zamisli o ponovnoj primjeni izvora energije korištenih od davnina, a koji su od početka industrijalizacije već pomalo zaboravljeni. Uostalom, biomasa (drvo, treset, sušeni ostaci biljaka, životinjski izmet itd) je bila energent za ogrjev tijekom cijele povijesti, u Kini je još 1280. godine u pogonu za drobljenje željezne rude korištena energija morskih valova, u Londonu je 1580. godine proradila crpka s pogonom na plimu i oseku, u Južnoj Americi se 1872. godine Sunčevom energijom pokretalo desalinizacijsko postrojenje, dok se 1878. godine u Indiji pojavilo prvo solarno kuhalo.

Od toga vremena, sedamdesetih godina prošloga stoljeća pa do danas mnogo toga je učinjeno na promicanju ekološke svijesti i primjeni novih, energetski učinkovitijih i za okoliš manje štetnih tehnologija, koje se danas često nazivaju održivima. Dana 22. travnja 1970. u SAD-u je održan prvi veliki svjetski ekološki skup i taj se dan svake godine obilježava kao Dan planeta Zemlje. Godine 1971. u Kanadi je osnovana međunarodna ekološka udruga Greenpeace, a 1973. godine na Novom Zelandu prva ekološka stranka na svijetu. U to vrijeme i Ujedinjeni narodi započinju s održavanjem međunarodnih skupova o zaštiti okoliša. Zaštita okoliša i obnovljivi izvori energije postaju sve popularniji u javnosti pa ne čudi što je i Katolička crkva 1979. godine proglasila sveca zaštitnika okoliša—sv. Franju Asiškog. Naravno, sve to ne bi bilo moguće bez velikog napretka na tehničkom i teološkom području.

² Ibidem, str. 25.

³ Nestabilnost i poremećaji na suvremenome svjetskom tržištu energije u 1970-ima i 1980-ima, kada je došlo do povećanja cijena nafte. Povezana je i s poremećajima u opskrbi energijom i iz drugih izvora (ugljen, atomska energija, plin).

Solarni kolektori i fotonaponske ćelije stalno se razvijaju i unapređuju pa su sve brojniji širom svijeta. Vjetroelektrane su također posvuda sve češće, a najviše ih je u Kaliforniji i uz obale Sjevernog i Baltičkog mora. Izgrađene su i elektrane na morske mijene i valove, najviše na obalama Atlantika. Jedna je zemlja (Island) energetiku utemeljila uglavnom na geotermalnoj energiji, a u nekima su naftni derivati za pogon vozila uspješno zamijenjeni biogorivima (npr. metanolom u Brazilu). Primjena toplinskih crpki i biomase gotovo je nezaobilazna u nekim zemljama Srednje Europe. Valja reći i kako se velike svjetske energetske tvrtke, suočene sa time da će za nekoliko desetljeća proizvodnja energije iz fosilnih goriva najvjerojatnije značajno poskupiti, polako okreću obnovljivim izvorima.

Konačno, vrijedi spomenuti i još jedno važno svojstvo obnovljivih izvora: njihovu prilično jednoliku raspoređenost i dostupnost po cijeloj Zemljinoj površini, odnosno neomeđenost geopolitičkim i sličnim okvirima. Iako je udio obnovljivih izvora u svjetskom energetsom gospodarstvu još malen, očekuje se kako bi se njihovom primjenom mogle barem malo ublažiti štete nanesene okolišu, a i pravodobno početi sa zamjenom fosilnih goriva, prije svega u proizvodnji električne i toplinske energije. Obnovljivi, neiscrpivi ili alternativni izvori energije na Zemlji potječu iz tri glavna primarna izvora: od raspadanje izotopa u dubini Zemlje (npr. geotermalna energija i sl), od gravitacijskog djelovanja planeta (npr. energija morskih mijena i sl) i od termonuklearnih pretvorbi na Suncu (npr. Sunčeva energija, energija biološkog porijekla, energija vjetra itd). Toplina koja zračenjem sa Sunca dolazi na Zemlju općenito je najveći izvor energije, a zanimljivo je kako pri tome od Sunčeve energije potječe većina drugih izvora (energija fosilnih goriva, vodenih tokova, vjetra i sl).

Obnovljivi izvori energije se mogu podijeliti u nekoliko osnovnih skupina:

- Sunčeva energija
- Energija vjetra
- Energija vodenih tokova
- Energija vodika
- Energija iz biomase
- Energija iz okoliša.⁴

⁴ Ibidem, str. 46-48.

2.1 Sunčeva energija

Sav život na Zemlji omogućava Sunčeva energija i bez nje bi se Zemlja pretvorila u ledenu i beživotnu pustinju. Količina energije koju Sunce u svakom satu emitira prema Zemlji dovoljna je za pokrivanje sveukupnih energetske potrebe čovječanstva u cijeloj kalendarskoj godini.

Bitne značajke Sunčevog zračenja rezultat su dviju rotacija Zemlje: oko Sunca (donosi četiri godišnja doba) i oko vlastite osi simetrije u smjeru sjever–jug (donosi izmjene dana i noći). Zemlja rotira oko Sunca po eliptičnoj putanji (ekliptici), a razdoblje jedne rotacije Zemlje oko Sunca naziva se jednom godinom. Jedan okret Zemlje oko vlastite osi traje jedan dan.⁵

Sunce je nama najbliža zvijezda i izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Sunčeva energija potječe od nuklearnih reakcija u njegovom središtu, gdje temperatura doseže 15 milijuna °C. Radi se o fuziji, kod koje spajanjem vodikovih atoma nastaje helij, uz oslobađanje velike količine energije. Svake sekunde na ovaj način u helij prelazi oko 600 milijuna tona vodika, pri čemu se masa od nekih 4 milijuna tona vodika pretvori u energiju. Ova se energija u vidu svjetlosti i topline širi u svemir pa tako jedan njezin mali dio dolazi i do Zemlje. Nuklearna fuzija odvija se na Suncu već oko 5 milijardi godina, kolika je njegova procijenjena starost, a prema raspoloživim zalihama vodika može se izračunati da će se nastaviti još otprilike 5 milijardi godina.⁶

2.1.1 Razvoj korištenja Sunčeve energije

Kroz povijest nailazimo na niz primjera iskorištavanja energije Sunca, još od 7. stoljeća prije Krista, od antičkih civilizacija, zatim starog vijeka do novijeg doba i pojave solarnih ćelija, kolektora i elektrana. Prvi i vjerojatno najpoznatiji oblik korištenja Sunca za dobivanje nekog oblika energije koji možemo iskoristiti je svakako dobivanje vatre putem povećala kako bi se koncentrirale zrake Sunca. Za sunčanih dana, Sunce je služilo za rasvjetu, a uz obiteljski štednjak stavilo bi se konkavno zrcalo izvana i koncentrirale zrake sunca za potpalu. Kad bi se štednjak upalio (zapalio), žene su mogle na taj način kuhati. Poznate rimske kupelji, u razdoblju od prvog do četvrtog stoljeća poslije Krista, imale su velike prozore okrenute na jug kako bi primile što više topline od Sunca i na taj način održavale toplinu u prostoru. Okrenutost prostorija u kućama i javnim zgradama prema Suncu postalo je toliko uobičajeno da je Justinijanov zakonik u 6. stoljeću, pokrenuo "pravo na Sunce" ("sun rights") kako bi se

⁵ Ibidem, str. 56-59.

⁶ http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html, 2015.

svakoj osobi osigurao pristup Suncu. Primjer iskorištavanja Sunca u 13. stoljeću je drevna indijanska civilizacija Anasazi. Sa područja Sjeverne Amerike su, a živjeli su u nastambama okrenutim južno kako bi hvatali više Sunčeve topline zimi. To je očiti primjer pasivnih solarnih sustava.

Znanstvenik Horace de Saussure je zaslužan za izgradnju prvog svjetskog solarnog kolektora. Budući da se tijekom 18. stoljeća povećala upotreba stakla, ljudi su polako postajali svjesni sposobnosti "hvatanja" Sunčevih zraka putem stakla. Ovaj francusko-švicarski znanstvenik 1767. godine krenuo je u otkrivanje kako "zarobiti toplinu putem stakla" radi prikupljanja energije dobivene od Sunca. Novi val u napretku tehnologije svakako je otkriće Edmonda Becquerela, 1839. godine. To otkriće je fotonaponski efekt, a njegov daljnji rad obuhvatio je eksperimentiranje s elektrolitičkim ćelijama. Ovo otkriće upotpunio je Albert Einstein u svom radu za koji je 1921. godine dobio Nobelovu nagradu. Nadalje, šezdesetih godina 19. stoljeća francuski matematičar August Mouchet došao je do ideje o solarnim parnim strojevima. Zajedno s pomoćnikom Abelom Pifreom načinio je u narednim desetljećima prvi solarno pogonjen stroj koji se koristio za različite namjene, a postao je preteča današnjim modernim solarnim paraboličnim tanjurima.⁷

Za razvoj solarnih kolektora, uređaja koji Sunčevu energiju pretvaraju u električnu, zaslužan je i francuski fizičar Antoinea-Cesara Becquerela. Becquerel je otkrio fotovoltaični efekt kad je uočio da se pri padu svjetlosti na određene materije stvara napon. Jedna od prvih primjena solarnih kolektora bila je u svemiru i služila je za napajanje satelita. Veliku važnost u solarnoj tehnologiji u Americi ima godina 1954. te pojava silicija kao poluvodičkog materijala. Tek su tada tri američka znanstvenika (G.L. Parson, Dary Chapin i Calvin Fuller) dokazali da silicijeva solarna ćelija ima učinkovitost pretvorbe energije od šest posto na izravnoj Sunčevoj svjetlosti. Unatoč ohrabrujućim rezultatima, napredak na području solarnih ćelija bio je vrlo spor s obzirom na to da je prevladalo korištenje nafte kao energenta i ta se tehnologija nije činila toliko potrebnom. Potkraj osamdesetih godina dvadesetog stoljeća proizvodile su se silicijeve ćelije, kao i ćelije od galijeva arsenida, s učinkovitošću iznad 20 posto. Godine 1989. konstruirana je solarna ćelija koja pomoću sustava leća Sunčevu energiju usmjerava na površinu ćelije i postiže učinkovitost od 37 posto. Danas su solarne ćelije raširena pojava.⁸

⁷ <http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/50-povijest-koristenja-energije-sunca?showall=1>, 2015.

⁸ Višković, A. (2008.) *Svjetlo ili mrak: O energetici bez emocija*. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Lider press d.d., str. 75-80.

2.1.2 Principi direktnog iskorištavanja Sunčeve energije

Solarni kolektor je silicijska ploha ispod koje se nalaze posebni spojevi koji omogućavaju protok električne energije. Dovoljno je da kolektor ozrači svjetlost da se dobije struja.⁹

Solarni kolektori pretvaraju Sunčevu energiju u toplinsku energiju vode (ili neke druge tekućine). Postoje i kolektori koji direktno griju zrak. Sistemi za grijanje vode mogu biti otvoreni i zatvoreni. U otvorenima, voda koju treba zagrijati prolazi direktno kroz kolektor na krovu, a u zatvorenima, kolektori su popunjeni tekućinom koja se ne smrzava (npr. antifriz). Zatvoreni sustavi mogu se koristiti bilo gdje, čak i kod vanjskih temperatura ispod nule. Ako je lijepo vrijeme, voda može biti grijana samo u kolektorima. Ako vrijeme nije lijepo, kolektori pomažu u grijanju vode i time smanjuju potrošnju struje. Solarni kolektori su vrlo korisni i kod grijanja bazena. U tom slučaju temperatura vode je niska i jednostavnije je održavati temperaturu pomoću otvorenih sistema grijanja. Na takav način optimalna temperatura bazena održava se nekoliko tjedana više u godini nego bez sistema grijanja vode. Kod druge vrste kolektora sustavi cirkuliraju zrak kroz kolektore i na taj način prenose velik dio energije na zrak. Taj se zrak kasnije vraća u grijanu prostoriju i na taj način se održava temperatura u prostoriji. Kombinacijom grijanja zraka i grijanja vode može se postići vrlo velika ušteda.¹⁰ Solarni kolektori se najčešće montiraju na krov kuće (sl. 1).

Slika 1. Obiteljska kuća sa solarnim kolektorima montiranih na krovu



(Izvor: eko-modul.hr, 2015.)

⁹ loc. cit.

¹⁰ http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html, 2015.

Kut nagiba i usmjeravanje kolektora važni su za optimalan rad solarnog sustava. Najvažnije je da su kolektori u ljetnim mjesecima stalno "u pogonu". To znači da energiju koja dolazi do njih usmjeravaju prema potrošačima. Ako nije tako, sustav je najčešće predimenzioniran. Kod predimenzioniranih sustava kolektori u ljetnim mjesecima brzo napune spremnike topline, a nakon toga pošto s energijom nemaju kamo-griju sami sebe. To je čisti energetski gubitak, a trenutna iskoristivost sustava jednaka je nuli. Do predimenzioniranosti sustava najčešće dolazi zbog nepoznavanja tehnike kvalitetnog iskorištavanja Sunčeve energije. Tvrtke često svjesno povećavaju površinu kolektora u svrhu prikrivanja vlastitog neznanja. Predimenzionirani sustavi, osim što nisu opravdana financijska investicija, mogu stvoriti i određene tehničke poteškoće u radu (sigurnosnog ventila, trajnost solarnog medija i sl.). Da bi se odredila optimalna površina kolektora za zagrijavanje tople vode ili za pomoć grijanju na osnovu utjecajnih faktora (podaci o Sunčevom zračenju, nagib i orijentacija kolektora, tip kolektora, profil potrošnje topline kroz godinu dana, dužina cijevnih vodova, izolacija i sl.) potrebno je za svaki dan u mjesecu, integracijom po satima, izračunati doprinos Sunčeve energije. Taj opsežni posao najčešće se obavlja pomoću računala simulacijom rada solarnog sustava tijekom cijele godine. Simulacijskim postupkom dobivaju se najtočniji podaci jer on obuhvaća dinamiku sustava. U tu svrhu razvijeno je mnogo kompjuterskih programa TSOL, ESOP, F-CHART i sl.¹¹

Ako se uzme u obzir vijek trajanja solarnog sustava više od 20 godina, investitor koji se već danas odluči za upotrebu solarne energije naći će se na pravoj strani, ne samo u ekološkom, nego i u ekonomskom smislu.

Fotonaponske ćelije su poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju Sunčeva zračenja u električnu energiju. Efikasnost im je od 10% za jeftinije izvedbe s amorfnim silicijem i do 25% za skuplje izvedbe. Fotonaponske ćelije mogu se koristiti kao samostalni izvori energije ili kao dodatni izvor energije. Kao samostalni izvor energije mogu se koristiti na satelitima, cestovnim znakovima, i udaljenim objektima koji zahtijevaju dugotrajni izvor energije, odnosno tamo gdje nije moguće dovesti neki drugi izvor energije. Kao dodatni izvori energije fotonaponske ćelije mogu se priključiti na električnu mrežu.¹²

Kod termodinamičke solarne energije riječ je o elektranama koje pomoću zrcala različitih oblika skupljaju Sunčeve zrake u spremnik. Potrebni su složeni mehanizmi kako bi se zrcala

¹¹ <http://www.mcsolar.hr/suncevi-kolektori.php>, 2015.

¹² http://www.izvorienenergije.com/energija_sunca.html, 2015.

postavljala prema Suncu i slijedila njegovu putanju. Sunčeva svjetlost mora stalno biti u fokusu zrcala-posuda koje sadrže posebne tekućine koje prenose toplinu.¹³

Fokusiranje Sunčeve energije upotrebljava se za pogon velikih generatora ili toplinskih pogona. Ono se postiže pomoću mnogo leća ili češće pomoću zrcala složenih u tanjur ili konfiguracije tornja. Solarni toranj konfiguracija (kao jedan od primjera) koristi kompjuterski kontrolirano polje zrcala za fokusiranje Sunčevog zračenja na centralni toranj, koji onda pokreće glavni generator. Imaju mogućnost rada preko noći i u lošem vremenu tako da spremaju vruću tekućinu u vrlo efikasni spremnik (sl. 2).

Slika 2. Solarni toranj konfiguracija zrcala fokusira Sunčevu energiju prema vrhu tornja



(Izvor: www.eko.zagreb.hr, 2015.)

Prikazan solarni toranj nalazi se u Sevilli (Španjolska) te je prvi komercijalni projekt solarne termalne elektrane na svijetu. Koncept rada funkcionira poput klasične termoelektrane u svim segmentima, osim što se umjesto klasičnog kotla grijanog izgaranjem ugljena ili plina za isparavanje vode koristi fokusirana Sunčeva energija. Poznat je i pod nazivom PS10, a izgrađen je krajem 2006. godine. Sastoji se od 115 metara visokog tornja i 642 kružno postavljenih fokusirajućih zrcala-heliostata, veličine polovice teniskog igrališta na ukupnoj površini od 75 tisuća četvornih metara. Ukupna snaga solarnog tornja je 11 MW, a proizvodi dovoljno električne energije da pokrije potrošnju 6000 kućanstava.¹⁴

¹³ Višković, A., op. cit., str. 80.

¹⁴ <http://www.zelenaenergija.org/clanak/primjena-solarne-energije-solarni-termalni-tornjevi-kod-seville/220>, 2015.

2.2 Energija vjetra

Pod pojmom vjetar najčešće se podrazumijeva vodoravna komponenta strujanja zračnih masa nastala zbog razlike u temperaturama, odnosno prostorne razdiobe tlaka. Vjetar je posljedica Sunčevog zračenja, a na njegove značajke dobrim djelom utječu lokalni čimbenici. Do globalnog strujanja zračnih masa dolazi zbog toga što se ekvatorijalni pojas zagrijava više od ostalih dijelova Zemlje. Topli zrak se nad ekvatorom diže i zakreće pod utjecajem Zemljine rotacije, a za to vrijeme hladan zrak popunjava nastale praznine uzrokujući tako stalne vjetrove u tom dijelu svijeta (pasati i monsun) koji svojim djelovanjem potpomažu kruženje mora u oceanima. U umjerenom pojasu u slobodnoj atmosferi uglavnom pušu vjetrovi zapadnih smjerova. Osim s globalnim strujanjem zračnih masa, nastanak vjetrova povezan je i s trenutačnim položajem putujućih baričkih sustava (ciklona i anticiklona), čiji je dominantan smjer kretanja u umjerenim širinama od zapada prema istoku. Vjetar nad nekim područjima posljedica je primarnih strujanja zračnih masa zbog globalne raspodjele tlaka (godišnja doba) i putujućih cirkulacijskih sustava (ciklona i anticiklona). Time nastaju razni lokalni vjetrovi s različitim značajkama što ovisi o izgledu površine tla (ravnicama, planinama, dolinama, naseljima, sumama itd), njezinim značajkama (pješčana, kamena, vlažna, vodena, snježna itd) i svojstvima zračnih masa koje su uključene u strujanje.¹⁵

2.2.1 Povijesni razvoj korištenja energije vjetra

Još u pradávná vremena čovjek je uočio kako bi mogao iskoristiti energiju koja u prirodi postoji u izobilju—energiju vjetra. Dakako, najprije ju je koristio za (vodeni) promet. Stari su Egipćani po Nilu plovili i uzvodno koristeći povoljne vjetrove još 3000. godina prije Krista. Tijekom cijele povijesti su zahvaljujući primjeni energije vjetra otkrivani novi trgovački i prometni putovi pa i novi kontinenti, a brodovi na pogon vjetrom (jedrenjaci) napušteni su tek nakon pronalaska brzih i učinkovitijih pogona (parni stroj, motor s unutarnjim izgaranjem, plinske turbine itd). Prvi zapisi o primjeni energije vjetra za dobivanje mehaničkog rada također potječu iz starog vijeka, točnije oko 2000. godine prije Krista iz Perzije (današnjeg Irana). Pri tome se radilo o jednostavnoj vjetrenjači s okomitim vratilom, odnosno s vodoravnim lopaticama na koja su bila postavljena jedra koja su hvatala vjetar i koja je služila za pogon mlinova za žito. Iz istog razdoblja potječu i zapisi o vjetrenjačama u području Egipta, Mezopotamije (današnji Irak) i Kine. Osim za pogon mlinova, vjetrenjače su u ta davna vremena služile i za pogon crpki za vodu za piće i/ili navodnjavanje. Prve primjene energije

¹⁵ Labudović, B., op. cit., str. 245.

vjetra u europskim zemljama zabilježene su tek u ranom srednjem vijeku, točnije u 7. stoljeću. Ipak, iz Europe potječe značajna inovacija–vjetrenjače s vodoravnom osi vratila. Iako ih se može naći širom svijeta, vjetrenjače je nekako uobičajeno povezati s Nizozemskom. Početkom 17. stoljeća Nizozemci su pomoću 26 vjetrenjača isušili cijelo jezero Beerster dubine 3m. Mnoge stare Nizozemske vjetrenjače i danas postoje (sl. 3).

Slika 3. Selo vjetrenjača, Kinderdijk-Nizozemska



(Izvor: www.svjetskiputnik.hr, 2015.)

Najveća koncentracija vjetrenjača u Nizozemskoj na jednom mjestu nalazi se u blizini sela Kinderdijk. Danas u Nizozemskoj postoji više od 1.000 starih vjetrenjača. Neke od vjetrenjača oko sela Kinderdijk datiraju iz 18. stoljeća. Vjetrenjače su u odličnom stanju i jedno su od posjećenijih turističkih mjesta u Nizozemskoj.¹⁶

Srednji se vijek svakako može nazvati "zlatnim dobom" za vjetrenjače. Stalno su se otkrivala nova poboljšanja, a njihovim se razvojem bavio i Leonardo da Vinci. U kasnom srednjem vijeku započinje njihova primjena i u druge svrhe, npr. za pogon strojeva (čekića, pila i sl.) u raznim pogonima–manufakturama, a zabilježena su i prva hibridna postrojenja koja su istodobno koristila energiju vjetra i vode. Električna energija koja se značajnije počinje koristiti na početku 20. stoljeća u njegovoj drugoj polovici dovodi do svojevrsnog preporoda vjetrenjača, odnosno pretvorbe u postrojenja za proizvodnju električne energije–vjetroelektrane.

¹⁶ <http://www.svjetskiputnik.hr/putovanja/clanak/zemlja/72-nizozemska/naslov/273-nizozemska-nije-samo-amsterdam>, 2015.

Značajnija primjena energije vjetra za dobivanje električne energije započinje u godinama nakon tzv. prve energetske krize, sedamdesetih godina prošlog stoljeća u Danskoj i SAD-u (Kalifornija). U njima, ali i u još nekim zapadnoeuropskim zemljama (Velikoj Britaniji, Nizozemskoj, Švedskoj i Njemačkoj) započinju široki programi izgradnje vjetroelektrana (vjetroparkova) i razvoja industrije za proizvodnju potrebne opreme, a u posljednje im se vrijeme sve više priključuju i neke sredozemne i azijske zemlje (Španjolska, Italija, Grčka, Kina, Japan).¹⁷

2.2.2 Osnovni dijelovi vjetroelektrana

Osnovni dio svakog postrojenja za pretvorbu energije vjetra u druge korisne oblike, električnu energiju ili mehanički rad je vjetroturbina koja se sastoji od rotora, odnosno njegovih lopatica i vratila. Vratilo može i ne mora biti spojeno na odgovarajući prijenosnik koji pokreće električni generator (kod vjetroelektrana) ili mehanizam kojim se obavlja korisni rad (kod vjetrenjača). Vratilo, prijenosnik, generator i razni regulacijski dijelovi smješteni su u zajedničko kućište koje se postavlja na stup odgovarajuće visine. Kako bi stup izdržao sva opterećenja od udara vjetra i drugih utjecaja kojima je cijeli sustav izložen mora se dobro temeljiti.

U osnovne se dijelove vjetroturbine ubrajaju: rotor vjetroturbine, vratila s prijenosnikom, električni generator i ostali dijelovi električnog sustava, regulacijski sustavi, stup i temelj. Rotor vjetroturbine sastoji se od odgovarajućeg broja lopatica spojenih na vratilo preko jedne ili više glavina. Za primjenu u vjetroelektranama danas se najčešće koriste tzv. propelerski rotori s tri lopatice. Osim trokrakih, koji su se pokazali najučinkovitijima, postoje i dvokraki, a i jednokraki rotori. Vratila služe za prijenos okretnog momenta od glavine do električnog generatora. Prijenosnik služi za dovođenje brzine vrtnje rotora na vrijednost koju zahtijeva električni generator. Za prijenosnik je vrlo važno smanjiti vibracije od ležajeva i zupčanika na najmanju moguću mjeru. Električni generator služi za pretvaranje kinetičke energije vratila u električnu energiju i predstavlja krajnji element pretvorbe energije u vjetroelektrani. Generatori se redovito moraju hladiti što se u većini slučajeva čini zrakom. U jednoj se jedinici uglavnom nalazi po jedan generator. Pod pojmom regulacijski sustavi obuhvaćeni su svi sustavi vjetroelektrane, odnosno vjetroturbine koji služe za upravljanje mehaničkim dijelovima kao što su: sustav za zakretanje kućišta, sustav za aerodinamičku regulaciju brzine vrtnje, sustav mehaničkog kočenja, te nadzorno–upravljački i komunikacijski sustav. Stup je

¹⁷ Labudović, B., op. cit., str. 240-241.

poslije rotora svakako najvidljiviji dio vjetroturbine, odnosno vjetroelektrane. Osim nošenja kućišta i rotora, njegov je osnovni zadatak preuzimanje svih opterećenja do kojih dolazi na rotoru i njihov prijenos prema temelju (tlu), a također i dovođenje rotora na visinu potrebnu za neometanu vrtanju. Unutar stupa nalaze se sve instalacije koje se redovito moraju kontrolirati. Temelj je dio vjetroelektrane kojim se ona oslanja na podlogu, odnosno kojim se na nju prenose opterećenja. Dva su osnovna zadatka temelja: osiguranje stabilnosti stupa, odnosno sprječavanje prevrtanja cijelog postrojenja i održavanje određenih graničnih vrijednosti specifičnih pritisaka na tlo. Kod izgradnje vjetroelektrana na samoj obali ili čak i dalje od nje temelji se izvode pod morem ili na vrlo vlažnoj, muljevitoj ili pjeskovitoj podlozi što je u pravilu tehnički složenije i skuplje. Takvi su slučajevi u sjevernoj Njemačkoj, Nizozemskoj, Danskoj.¹⁸

2.2.3 Ekološke značajke primjene energije vjetra

Izvori buke postoje u svim fazama vijeka trajanja bilo kojeg elektroenergetskoga postrojenja, od iskopa sirovina i goriva, preko proizvodnje opreme, prijevoza, izgradnje do konačne razgradnje. Pri razmatranju utjecaja buke kod vjetroelektrana u pravilu se misli na buku za vrijeme njegovog pogona. U ostalim je fazama vijeka trajanja vjetroelektrane buka lokalizirana, odnosno ograničena na industrijska područja ili prometnice. Mehanička buka nastaje na rotirajućim dijelovima, prije svega na prijenosniku i generatoru te zbog rezonancije strukturnih dijelova turbine. Osnovno svojstvo mehaničke buke je izrazita tonalnost koja je kod ranijih izvedbi vjetroelektrana ponekad bila i veća i od aerodinamičke buke. Aerodinamička buka nastaje zbog vrtanje lopatica rotora koje sijeku struju zraka te značajno ovisi o brzini vrtanje rotora. Postoje tri osnovna izvora aerodinamičke buke: stražnji dio lopatice, intenzitet turbulencije u ulaznoj struji vjetra, vrhovi lopatica. Pozadinska buka na nekom mjestu, odnosno njezina jačina određena je značajkama okolnog tla, vegetacijskim značajkama, građevinama te meteorološkim parametrima koji se mijenjaju. Pozadinska buka raste s brzinom vjetra.

Ukupna potrebna površina određena je oblikom mikrolokacije, odnosno rasporedom vjetroturbina unutar vjetroelektrane. Ako je raspored linijski, ukupna je površina određena promjerom rotora i međusobnom udaljenošću vjetroturbina, a ako je raspored razbican, površina je veća jer uključuje sve međuprostore. Stvarno zauzeta površina uključuje samo površinu temelja, vodova, trafostanice i pristupnih prometnica.

¹⁸ Ibidem, str. 282-298.

Vizualni utjecaj vjetroelektrana je malen, osim ako se ne grade u zaštićenim krajolicima ili u turističkim područjima. Zbog svojih dimenzija vrlo su uočljive i predstavljaju prevladavajući objekt u prostoru. Vizualni utjecaj uvjetovan je nizom čimbenika koje pri projektiranju valja uzeti u obzir, a to su: veličina i tip vjetroturbina, broj i raspored vjetroturbina u vjetroelektrani, boja, sjajnost, izgleda površine stupa, lopatica, jednoličnost izgleda, značajke krajolika, položaj obližnjih naselja i prometnica, gustoća naseljenosti okolnog područja, te stupanj zaštite krajolika. Vizualni utjecaj se može procijeniti računalnim simulacijama. Posljedice vizualnog utjecaja najviše snosi lokalno stanovništvo, a u manjoj mjeri prolaznici i turisti.

Osnovnu i izravnu opasnost predstavlja za ptice prilikom sudara s lopaticama koje se vrte, a neizravna opasnost je svakako uznemiravanje ptica. Vrtnja lopatica također može izazvati smetnje telekomunikacijskim signalima, a to ovisi o položaju vjetroelektrane na predajnik i prijamnik signal.

Može doći do rušenja i kidanja dijelova vjetroturbine za vrijeme orkanskih nevremena te u područjima gdje je temperatura niska postoji opasnost od otkidanja leda nakupljenog na vrhovima lopatica. Opasnost od havarija i požara tijekom vijeka trajanja vjetroelektrana je vrlo mala.¹⁹

2.3 Energija vodenih tokova

Pod pojmom energije vodenih tokova, odnosno jednostavnije hidroenergije, obuhvaćene su sve mogućnosti za dobivanje energije iz strujanja vode u prirodi: iz kopnenih vodotoka (rijeka, potoka, kanala i sl), iz morskih mijena (plima i oseka) i iz morskih valova. Kopneni vodotokovi potječu od kruženja vode u prirodi pa njihova energija, zapravo, potječe od Sunčeve. Morski valovi, barem oni koji su uzrokovani vremenskim prilikama također potječu od Sunčeve energije. Osim njih, postoje još i valovi koji nastaju zbog djelovanja Zemljine kore, primjerice vulkana ili potresa, ali zbog prirode i redovito razornog djelovanja nisu prikladni za korištenje.

Prva povijesno zabilježena primjena energije kopnenih vodotokova za dobivanje mehaničkog rada potječe iz 500. godine prije Krista, iako su se vodeni tokovi koristili za promet i puno prije. Snaga protjecanja vode koristila se za dobivanje mehaničkoga rada u vodenicama koje su pokretale mlinove, preše, kovačnice, pilane i razne druge pogone, a od posljednjeg

¹⁹ Ibidem, str. 302-318.

desetljeća 19. stoljeća koristi se i za dobivanje električne energije. Prva hidroelektrana na svijetu izgrađena je 1876. godine u Bavarskoj i služila je za opskrbu obližnjeg velikaškog dvorca električnom energijom.

Kada se govori o energiji kopnenih vodotokova u smislu obnovljivih izvora uglavnom se podrazumijevaju samo hidroelektrane malih učina, a ne i sve hidroelektrane. Osnovni je razlog tome pojam "održivost", odnosno ostvarenja najmanjeg mogućeg utjecaja na okoliš, što je usko povezano s pojmom obnovljivih izvora. Kod velikih je hidroelektrana utjecaj na okoliš vrlo velik jer redovito dolazi do značajnijih promjena krajolika zbog potapanja čitavih dolina pa i naselja, velikih emisija metana, lokalnih promjena klime zbog velikih količina vode itd. Za razliku od toga, utjecaj malih hidroelektrana na okoliš je bitno manji jer je mala potrošnja energije za njihovu izgradnju te cijeli sustav nije velik. Energija morskih mijena prikladna je za iskorištavanje samo tamo gdje postoje velike razlike u razini mora u vrijeme plime i oseke, što je uglavnom slučaj na obalama oceana. Primjena energije morskih mijena zabilježena je još u srednjem vijeku, u brojnim mlinovima na engleskim, francuskim i španjolskim obalama. Energija morskih valova se sve do posljednjih desetljeća dvadesetoga stoljeća nije koristila za dobivanje energije (osim za promet), a danas ih u svijetu ima već nekoliko (najviše u Japanu, Norveškoj, Velikoj Britaniji). Neke od njih su po svojoj izvedbi, zapravo, vjetroelektrane jer u njima pod utjecajem valova u posebno izvedenim kanalima dolazi do velikog strujanja zraka koje pokreće vjetroturbinu.²⁰

2.3.1 Hidroenergija

Najveći dio hidroenergije potječe od kruženja vode u prirodi koje je najvećim dijelom uzrokovano Sunčevim zračenjem. Područje koje se time bavi naziva se hidrologija, pri čemu se dio koji se bavi vodenim tokovima naziva hidrogeologija, a atmosferom hidrometeorologija. Kruženje vode u prirodi od hidrosfere u atmosferu pa u obliku padalina natrag u hidrosferu ili na litosferu (kopno) naziva se hidrološkim krugom. Pri tome se pod pojmom hidrosfere podrazumijevaju sve velike stajaće plohe na Zemlji: oceani, mora i velika jezera. Pojam litosfera obuhvaća sva kopnena područja koja mogu biti: aridna (iz kojih voda koja padne na njih odmah potom odlazi natrag u atmosferu) i humidna (iz kojih voda koja padne na njih u obliku kopnenih vodotokova odlazi prema hidrosferi). Voda koja se iz u hidrosferi i litosferi (u kopnenim vodotokovima, biljkama, iz raznih procesa i sl) nalazi u kapljevitom stanju pod utjecajem topline isparava te u obliku vodene pare odlazi u atmosferu

²⁰ Ibidem, str. 326-327.

gdje tvori oblake i druge atmosferske pojave. Jedan se dio te vodene pare u obliku padalina vraća na površinu Zemlje, djelomično izravno u hidrosferu (oceani i mora), a djelomično u litosferu (na kopno), odakle pod djelovanjem gravitacije nastavlja svoj put prema hidrosferi tvoreći kopnene vodotokove: rijeke i potoke. Za procjenu hidroenergetskog potencijala nekog područja vrlo je važna godišnja količina padalina i vodotokova. Udio vodotokova u ukupnoj količini padalina pokazuje kolika se, zapravo, godišnja količina padalina može iskoristiti.²¹

2.3.2 Podjela hidroelektrana i njezini dijelovi

Hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja, a potom u mehaničku energiju vrtnje vratila turbine te konačno, u električnu energiju u generatoru. Hidroelektranu u širem smislu čine i sve građevine i postrojenja koje služe za prikupljanje, dovođenje i odvođenje vode (brana, zahvati, dovodni i odvodni kanali, cjevovodi itd), pretvorbu energije (turbine, generatori), transformaciju i razvod električne energije (rasklopna postrojenja, dalekovodi) te za smještaj i upravljanje cijelim sustavom (strojarnica i sl).

Hidroelektrane se mogu podijeliti prema njihovom smještaju, padu vodotoka, načinu korištenja vode, volumenu akumulacijskog bazena, smještaju strojarnice, ulozi u elektroenergetskom sustavu, snazi itd.

Prema smještaju samih postrojenja, odnosno prema vodenom toku čiju energiju iskorištavaju, hidroelektrane mogu biti: klasične na kopnenim vodotokovima (riječama, potocima, kanalima), na morskim valovima i na morske mijene (plimu i oseku). Prema padu vodotoka, odnosno visinskoj razlici između zahvata i ispusta vode (klasične) hidroelektrane se mogu podijeliti na: niskotlačne (s padom do 25m), srednjtlačne (s padom između 25 i 200m) i visokotlačne (s padom većim od 200m). Prema načinu korištenja vode, odnosno regulacije protoka hidroelektrane se dijele na: protočne (snaga vode se iskorištava kako ona dotječe), akumulacijske (dio vode se prikuplja kako bi se mogao koristiti kada je potrebnije) i crpno-akumulacijske (dio vode koji nije potreban pomoću viska struje u sustavu crpi se na veću visinu, odakle se otpušta kada je potrebnije). Prema načinu punjenja, odnosno veličini akumulacijskog bazena hidroelektrane mogu biti: s dnevnom akumulacijom (akumulacija se puni noću, a prazni se danju), sa sezonskom akumulacijom (akumulacija se puni tijekom kišnog, a prazni tijekom sušnog razdoblja) i s godišnjom akumulacijom (akumulacija se puni tijekom kišnih, a prazni tijekom sušnih godina). Prema udaljenosti strojarnice od brane

²¹ Ibidem, str.328.

hidroelektrane mogu biti: pribranske (strojarnica je smještena neposredno uz branu, najčešće podno nje) i derivacijske (strojarnica je smještena podalje od brane). Prema smještaju strojarnice hidroelektrane se dijele na: nadzemne, kod kojih je strojarnica smještena iznad razine tla i podzemne, kod kojih je strojarnica smještena ispod razine tla. Prema njihovoj ulozi u elektroenergetskom sustavu mogu biti temeljne, koje rade cijelo vrijeme ili većinu vremena i vrsne, koje se uključuju kada se za to pokaze potreba. Prema instaliranoj snazi (učinu) dijele se na velike i male. Također uvažena je podjela i hidroelektrana na mikro, mini i male hidroelektrane.

U osnovne dijelove hidroelektrane ubrajaju se: brana, zahvat vode, dovod vode, vodena komora, tlačni cjevovod, obilazni cjevovod, turbina, sustav zaštite od hidrauličnog udara, generator, strojarnica, rasklopno postrojenje i odvod vode. Svi dijelovi koji su u neposrednom doticaju s vodom nazivaju se zajedničkim imenom hidrotehnički sustav.

Brana je osnovni dio hidrotehničkog sustava pa i cijelog postrojenja hidroelektrane i ima trostruku ulogu: skretanje vode s prirodnog toka prema zahvatu, povišenje razine vode kako bi se povećao pad i ostvarenje akumulacije. Brane mogu biti visoke i niske (s obzirom na visinu), te betonske ili nasute (s obzirom na izradu). Zahvat vode prima i usmjerava vodu zadržanu u akumulaciji prema dovodu, odnosno turbini. Prolaz vode kroz zahvat se regulira zapornicama. Dovod vode je dio hidrotehničkog sustava koji spaja zahvat s vodenom komorom. Može biti otvoren (kanal) i zatvoren (tunel). Vodena komora predstavlja zadnji dio dovoda, a služi za odgovaranje na promjene opterećenja. Tlačni cjevovod dovodi vodu od vodostaja do turbine. Izrađuje se od čelika ili betona, a prema smještaju može biti na površini ili u tunelu. Na ulazu u njega se stavlja zaporni organ kojim se sprječava daljnje protjecanje vode u slučaju pucanja cijevi. Obilazni cjevovod je smješten na početku tlačnog i služi za njegovo postupno punjenje te za izjednačavanje tlaka ispred i iza zapornog organa. Vodene turbine predstavljaju središnji dio sustava jer služe za pretvaranje kinetičke energije strujanja vode u mehaničku energiju vrtnje vratila turbine, odnosno generatora. Turbine se često dijele na impulsne i reakcijske. Sustav zaštite od hidrauličkog udara služi za sprječavanje povećanja tlaka preko dopuštene granice. Visina tlaka pri tome ovisi o vremenu potrebnom za zatvaranje zapora na dnu cjevovoda. Generator je uređaj u kojem se mehanička energija vrtnje vratila pretvara u električnu. Može biti postavljen okomito ili vodoravno (ovisno o tome dali se radi o velikim ili malim hidroelektranama). Strojarnica je građevina u kojoj su smještene turbine, vratila, generator te svi potrebni upravljački i razni pomoćni uređaji. Rasklopno postrojenje predstavlja vezu hidroelektrane i elektroenergetskog sustava. Izvodi se u neposrednoj blizini

strojarnice, a tek iznimno dalje od nje. Odvod vode je završni dio hidrotehničkog sustava, a može biti izveden kao kanal ili kao tunel. Služi za vraćanje vode iskorištene u turbini natrag u korito vodotoka ili za dovod vode do zahvata sljedeće elektrane.²²

2.4 Energija vodika

Vodik je plin bez boje i mirisa koji čini 75% ukupne mase svemira. Vodik se na Zemlji nalazi samo u kombinaciji s drugim elementima kao što su kisik, ugljik i dušik. Da bi se mogao upotrebljavati kao izvor energije, treba ga odvojiti od tih elemenata. Vodik se može izdvojiti iz spojeva primjenom topline - taj proces naziva se "reformiranje" vodika. Tako nastaje vodik iz prirodnog plina. Vodik se može dobiti i elektrolizom vode, tj. razdvajanjem vode na njene sastavne dijelove, vodik i kisik, pomoću električne energije. Također neke alge i bakterije mogu uz prisustvo Sunčeve svjetlosti u određenim uvjetima "stvarati" vodik. Danas se vodik najviše upotrebljava u proizvodnji amonijaka, pročišćavanju nafte i proizvodnji metanola. Također se rabi kao gorivo za svemirske letjelice i u gorivnim ćelijama koje astronaute opskrbljuju topline, električnom energijom i pitkom vodom.

Gorivna ćelija je uređaj koji izravno pretvara kemijsku u električnu energiju. Možemo je zamisliti kao bateriju koja se stalno nadopunjuje novim "gorivom" (vodikom i kisikom) tako da nikad ne gubi naboj. Vodik je gorivo visoke ogrjevnice moći s bitnom povoljnošću u odnosu na fosilna goriva: njegovim izgaranjem ne onečišćuje se okoliš, a jedini nusproizvod izgaranja je čista voda. U budućnosti bi se stoga vodik trebao u većim količinama od današnjih upotrebljavati za pogon vozila i zrakoplova, kao i opskrbu energijom domova i ureda. Gorivne ćelije mogu služiti kao izvor topline i električne energije u zgradama te kao izvor električne energije za vozila. Automobilske kompanije razvijaju vozila s gorivnim ćelijama. U takvom vozilu gorivna ćelija pretvara kemijsku energiju vodika (uskladištenog u vozilu) i kisik iz zraka u električnu energiju koja pogoni električni motor. Iako gorivne ćelije idealno rade na čistom vodik, u bliskoj budućnosti najvjerojatnije će biti punjene prirodnim plinom, metanolom ili čak benzinom. Reformiranje tih goriva omogućit će postojeća energetska postrojenja-benzinske crpke, plinovodi i sl. U budućnosti bi se vodik mogao rabiti i kao nositelj energije, slično kao električna energija. Pomoću nositelja energije energija se pohranjuje, transportira i dostavlja potrošačima u upotrebljivom obliku. Na primjer, obnovljivi izvori energije ne mogu stalno proizvoditi energiju. Sunce ne sja uvijek. Energija Sunca, međutim, može se pohraniti u vodik, do trenutka dok ne bude potrebna te se putem

²² Ibidem, str. 333-337.

vodika prenijeti na mjesto potrošnje. Smatra se da je vodik gorivo na kojem će se u budućnosti temeljiti cijela gospodarstva, slično kao što su to fosilna goriva danas. Vodik će uspješno zamijeniti fosilna goriva, pa čak i električnu energiju kao danas najpogodniji oblik energije u slučajevima kada energiju treba prenositi na velike udaljenosti. No, takav je scenarij vrlo daleka budućnost.²³

2.5 Energija iz biomase

Biomasa je obnovljivi izvor energije, a može se podijeliti na drvenu, nedrvnu i životinjski otpad, unutar čega se mogu razlikovati: drvena biomasa (ostaci iz šumarstva, otpadno drvo), drvena uzgojena biomasa (brzorastuće drveće), nedrvna uzgojena biomasa (brzorastuće alge i trave), ostaci i otpaci iz poljoprivrede i životinjski otpad i ostaci.²⁴

Za primjenu biomase ključna su dva kriterija, i to raspoloživost i mogućnost transporta. Pri konverziji biomase i organskog otpada primjenjuje se niz procesa i metoda kao što su: neposredno izgaranje biomase, termokemijske metode i biološke metode.

Kao rezultat neposrednog izgaranja biomase nastaje toplina koja se upotrebljava na manjim udaljenostima za zagrijavanje prostora, kuhanje, sušenje, industrijske i kemijske procese ili proizvodnju pare za elektrane. Biomasa se u svom prirodnom obliku može primijeniti kao gorivo u otvorenim ložištima, pećima za zagrijavanje i sl. Za energetske primjene biomase posebno su pogodna mala kogeneracijska postrojenja.

Termokemijske pretvorbe uključuju: izgaranje, hidrogenaciju (čime nastaje sirova nafta s malim sadržajem sumpora), pirolizu-zagrijavanje organskog otpada (produkti su plinoviti, tekući, katran i ulja, te kruti ostaci kao ugljen i pepeo), incineraciju-spaljivanje, destruktivnu ili suhu destilaciju (dobivanje metanola, acetona, drvenog ugljena) i rasplinjavanje-proces u kojem krutina reagira s vrućom parom i zrakom ili kisikom.

Biološke pretvorbe uključuju: razlaganje bez kisika (dobivanje metana, ugljikovog dioksida i deponijskog plina), fermentaciju biomase (dobivanje etanola), fotosintezu-u biljkama proces pretvorbe Sunčeve energije (dobivanje hrane i goriva), biofotolizu-djelovanjem svjetla na alge i bakterije dolazi do disocijacije vode na kisik i vodik koji se naziva biovodik, kompostiranje-proces razgradnje biomase i životinjskog otpada u prisutnosti kisika i bakterija.

²³ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Zelim-znati/Skola-energetike/20-Vodik-i-buduci-izvori-energije>, 2015.

²⁴ Labudović, B., op. cit., str. 452.

Intenzivan uzgoj domaćih životinja kao i stroga kontrola zagađenja okoliša dovela je do primjene procesa razlaganja u smislu gospodarenja otpadom. Na taj način dobiva se bioplin koji se može upotrebljavati za proizvodnju topline ili električne energije. Iskorištavanje životinjskog otpada vrlo se široko primjenjuje u Danskoj, Nizozemskoj, Velikoj Britaniji, Kini, Indiji itd.

Biogoriva su kruta, tekuća ili plinovita goriva dobivena iz organskih materijala, neposredno iz biljaka, ili posredno iz industrijskog, kućnog ili poljoprivrednog otpada. Kruta goriva u koja se ubraja drveni ugljen dobivaju se zagrijavanjem drvnih ostataka i otpada iz šumarstva. Tekuća biogoriva obuhvaćaju etanol, metanol i biodizel. Etanol se dobiva fermentacijom biomase na bazi poljoprivrednih proizvoda, kao što su šećerna trska, repa ili žitarice. Upotrebljava se za pogon benzinskih motora. Metanol je otrovna tekućina, a koristi se kao pogonsko gorivo kod automobilskih motora gdje je potrebna velika snaga. Biodizel je gorivo dobiveno iz obnovljivih izvora kao što su biljna ulja ili životinjske masti. Biodizel je za razliku od metanola neotrovan, a upotrebljava se za pogon dizelskih motora. Plinovita su bioplin, deponijski plin i biovodik. Bioplin je gorivo srednjeg sadržaja energije sastavljeno uglavnom od metana i ugljikovog dioksida. Bioplin izgara u kotlovima ili plinskim turbinama koje se upotrebljavaju za proizvodnju toplinske odnosno električne energije. Deponijski plin je bogat metanolom i ugljikovim dioksidom, te ima srednju razinu sadržaja energije, a upotrebljava se u motorima s unutrašnjim izgaranjem i plinsko-turbinskim postrojenjima ovisno o raspoloživoj količini. Biovodik je plin koji se proizvodi iz biomase ili biorazgradivog dijela otpada, a upotrebljava se kao bioplin.²⁵

2.6 Energija iz okoliša

Pod pojmom energija iz okoliša obuhvaćene su sve mogućnosti dobivanja energije iz neposrednog fizičkog okoliša: tla (podzemlja), vode i zraka. Toplina iz tla, bez obzira na to radi li se o razmjerno plitkim podzemnim vodama ili geotermalnim vodama iz dubina Zemlje uglavnom je posljedica procesa u unutrašnjosti Zemlje, a tek malim dijelom dozračene Sunčeve energije. Sustavi za iskorištavanje energije iz okoliša načelno se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine: sustavi koji izravno koriste geotermalnu energiju iz dubina Zemlje i

²⁵ Budin, R. i Mihelić-Bogdanić, A. (2013.) *Izvori i gospodarenje energijom u industriji*. 1 izdanje. Zagreb: Element d.o.o. str., 65-70.

toplinske crpke u kojima se toplina iz neposredne okolice (tla, vode ili zraka) uz dodatnu energiju i prikladan način dovodi na višu temperaturnu razinu.²⁶

Geotermalna energija je u užem smislu energija iz dubine Zemlje koji u obliku vrućeg ili toplog geotermalnog dolazi medija (voda ili para) do površine Zemlje i prikladna je za iskorištavanje u izvornom obliku (za kupanje, liječenje i sl) ili za pretvorbu u druge oblike (električnu energiju). Ona je kao takva rezultat raznih procesa koji se zbivaju u dubinama Zemlje gdje temperatura iznosi više od 4000 °C.

Geotermalni izvori su izvori geotermalnog medija vode iz podzemnih ležišta. Područja koja imaju najveći broj geotermalnih izvora istodobno su i ona koja su geološki još vrlo aktivna, tj ona područja koja imaju vrlo aktivne vulkane ili u kojima često dolazi do potresa. To su područja oko Tihog oceana (zapad SAD-a i Kanade, Srednja Amerika, zapad Južne Amerike, Novi Zeland, Indonezija, Filipini, Japan, istočni Sibir), srednjoatlantski greben (Island), te planinski lanci (Alpe i Himalaja, istočna Afrika, središnja Azija).

Izvori tople ili vruće vode (gejziri) najčešći su način dolaska zagrijane vode iz dubine na površinu Zemlje. Potječu od vruće vode ili pare koja se nalazi zarobljena u razlomljenom i šupljikavom stijenju na malim ili srednjim dubinama (od 100 do 4500m). Pri tome je medij najvećim dijelom u tekućoj fazi, a tek manjim dijelom u obliku pare. Kada je temperatura dovoljno visoka (> 170 °C), voda se pri izlasku na površinu pretvara u paru koja se može koristiti za pogon parne turbine. Izvori vruće vode predstavljaju jedini geotermalni izvor koji se u svijetu komercijalno iskorištava.

Izvori suhe vodene pare na svijetu su iznimno rijetki, ali se smatraju jednim od najjednostavnijih načina, jer se prirodna suha vodena para može izravno koristiti za pogon parne turbine.

Ležišta vode i plinova pod visokim tlakom nalaze se na velikim dubinama (od 3000 do 6000m). Voda je pri tome umjerene temperature (između 90 i 200 °C). Bilo bi moguće iskorištavanje za mehaničku, toplinsku i kemijsku energiju, no uz današnju tehnologiju iskorištavanje je neisplativo.

Vruće i suho stijenje, odnosno magma nalaze se u nepropusnim slojevima na velikim dubinama i imaju visoku temperaturu, između 700 i 1 200 °C. Za njihovo je iskorištavanje važna složena tehnologija što predstavlja još uvijek neisplativ način korištenja energije.²⁷

²⁶Labudović, B., op. cit., str. 572.

Izravna primjena geotermalne energije predstavlja najjednostavniju mogućnost za primjenu topline geotermalnog medija. Područja primjene geotermalne energije u toplinske svrhe ponajviše ovisi o temperaturi medija na izvoru, a moguće ih je podijeliti na: sustavi grijanja (stanova, kuća, naselja), poljoprivreda i ribnjačarstvo (zagrijavanje staklenika, zemljišta, ribogojilišta), turizam i zdravstvo (zagrijavanje bazena, lječilišta), industrija i promet (grijanje prometnica, industrijski procesi).²⁸

Toplinske crpke su uređaji koji rade na termodinamičkom načelu dizalice topline, tj. dovode energiju s niže temperaturne razine na višu uz dodatnu energiju (rad). Za svoj rad dizalice topline zahtijevaju dva toplinska spremnika. Prvi je toplinski izvor (spremnik niže temperaturne razine), prostor kojemu se uzima toplina, najčešće neposredna okolica-okolini zrak, tlo, površinske i podzemne vode, onečišćeni zrak iz prostorija, otpadna toplina. Drugi je toplinski ponor (spremnik više temperaturne razine), prostor kojemu se predaje toplina-prostorija, potrošna topla voda itd. Za podizanje s jedne na drugu temperaturnu razinu potrebna je dodatna pogonska energija.²⁹

Toplinske crpke se najviše koriste kao osnovni ili dodatni izvor topline za sustave grijanja i pripreme potrošne tople vode u stanovima, obiteljskim kućama, stambenim i poslovnim zgradama te manjim naseljima, staklenicima i raznim industrijskim procesima.³⁰

²⁷ Ibidem, str. 574-580.

²⁸ Ibidem, str. 593.

²⁹ Ibidem, str. 613.

³⁰ Ibidem, str. 626.

3. NEOBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Neobnovljivi ili iscrpivi izvori energije su oni čija je količina na Zemlji konačna i ograničena, no ne može se odrediti vrijeme kada će se posve iscrpiti jer na to utječu brojni čimbenici: buduća potrošnja (potreba za njima), isplativost i tehnička ostvarivost iskorištavanja. Oni obuhvaćaju fosilne i nuklearne izvore (goriva) koji se procesima pretvorbe troše i više se ne mogu koristiti, odnosno ne mogu se obnavljati. Često se nazivaju i klasičnim izvorima energije.³¹

U neobnovljive izvore energije ubrajamo: ugljen, naftu, prirodni plin i nuklearnu energiju. Od toga ugljen, naftu i prirodni plin nazivamo zajedničkim nazivom fosilna goriva. Samo ime fosilna goriva govori o njihovom nastanku. Prije mnogo milijuna godina ostaci biljaka i životinja počeli su se taložiti na dno oceana ili na tlo. S vremenom je te ostatke prekrpio sloj blata, mulja i pijeska. U tim uvjetima razvijale su se ogromne temperature i veliki pritisci, a to su idealni uvjeti za pretvorbu ostataka biljaka i životinja u fosilna goriva. Glavni izvor energije fosilnih goriva je ugljik, pa njihovim sagorijevanjem u atmosferu odlazi puno ugljičnog dioksida. To je glavni problem iskorištavanja fosilnih goriva gledano s ekološkog aspekta. Zadnjih 150 godina je razdoblje sve većeg povećanja upotrebe fosilnih goriva. Na početku se najviše koristio ugljen, koji je i najopasniji za okolicu jer u atmosferu ispušta uz ugljični dioksid i sumpor. Sumpor se u atmosferi spaja s vodenom parom i tvori sumpornu kiselinu, koja pada na tlo u obliku kiselih kiša.

Nuklearne elektrane ne ispuštaju ugljični dioksid, ali nakon upotrebe nuklearno gorivo je izuzetno radioaktivno i potrebno ga je skladištiti više desetaka godina (najradioaktivnije i više stotina godina) u sigurnim betonskim bazenima ili podzemnim bunkerima. U normalnim uvjetima nuklearna energija je vrlo čisti izvor energije, ali potencijalna opasnost neke havarije sve više smanjuje broj novoinstaliranih nuklearnih elektrana. U zadnje vrijeme sve je manji utjecaj čovjeka na proces u nuklearnoj elektrani jer računala su se pokazala pouzdanija za obavljanje nekih radnji koje ne zahtijevaju konstruktivno razmišljanje.³²

³¹ Ibidem, str. 25.

³² http://www.izvorienergije.com/neobnovljivi_izvori_energije.html, 2015.

3.1 Ugljen

Ugljen je jedno od fosilnih goriva-zapaljiva organska sedimentna stijena čiji su glavni sastojci ugljik, vodik i kisik. Nastao je nakupljanjem biljnih ostataka u geološkoj prošlosti Zemlje koji su kasnije bili prekriveni mlađim sedimentima tako da su prošli kroz proces transformacije koji zovemo pougljenjivanje (karbonizacija). Ta preobrazba odvijala se prvo pod djelovanjem mikroorganizama u različitim uvjetima, a zatim, kad su slojevi već bili na većim dubinama, pod djelovanjem stalnog porasta tlaka i osobito temperature i to milijunima godina.³³

3.1.1 Povijest uporabe ugljena i njegove vrste

Od svih fosilnih goriva ugljena ima najviše, a ima i najdužu povijest upotrebe. Vjeruje se da je prva komercijalna uporaba ugljena bila u Kini. Postoje izvještaji da se u sjeverosjevernoj Kini eksploatirao ugljen za taljenje bakra i za kovanje novčića oko 1000 god. pr. n. e. Ugljena čađa koja je pronađena među rimskim ruševinama u Engleskoj pokazuje da su Rimljani upotrebljavali energiju iz ugljena prije 400-te godine. Kroničari srednjeg vijeka navode prvi dokaz kopanja ugljena u Europi i čak međunarodnu trgovinu jer je ugljen iz otvorenih ugljenih slojeva na engleskoj obali prikupljan i izvožen u Belgiju. Tijekom industrijske revolucije u 18. i 19. stoljeću potražnja ugljena jako je porasla. Velika poboljšanja parnog stroja koja je napravio James Watt, a koji je patentiran 1769. godine, bila su najzaslužnija za rast uporabe ugljena. Povijest kopanja i uporabe ugljena neodvojivo je povezana s poviješću industrijske revolucije, proizvodnjom željeza i čelika, transportom željeznicom i parobrodima. Ugljen se također upotrebljavao za proizvodnju plina za plinske svjetiljke u mnogim gradovima, koji je prozvan "gradskim plinom". Taj proces uplinjavanja ugljena inicirao je porast broja plinskih svjetiljki u gradskim područjima na početku 19. stoljeća, posebice u Londonu. Širenjem uporabe električne energije u 19. stoljeću budućnost ugljena postala je blisko povezana s proizvodnjom električne energije. Prvo praktično postrojenje za proizvodnju električne energije na ugljen, koje je razvio Thomas Edison, počelo je raditi u New Yorku 1882. godine, a davalo je električnu energiju za kućnu rasvjetu.³⁴

Karbonizacija je dugotrajan kemijski proces u kojem iz organske tvari migriraju drugi kemijski elementi, a koncentrira se ugljik. Upravo je ugljik glavni nosilac toplinske vrijednosti i ugljen se često svrstava prema sadržaju ugljika. Ugljen se ne sastoji od minerala

³³ Višković, A. Saftić, B. Živković, S.A. (2011.) *Ugljen: Sigurna energija*. Zagreb: Graphis d.o.o., str.20.

³⁴ Ibidem, str.11

kojima se može odrediti kemijski sastav, nego od izmijenjenih ostataka pretpovijesne vegetacije koja se istaložila u močvarama ili tresetištima dano u geološkoj prošlosti. Kad su te naslage bile pogrebene mlađim sedimentima, postupno je došlo do fizičkih i kemijskih promjena tako da je iz treseta nastao prvo lignit (ugljen najnižeg stupnja karbonizacije), zatim smeđi ugljen pa kameni i na kraju antracit koji se gotovo u cijelosti sastoji od ugljika. Konac preobrazbe bio bi u naslagama grafita u metamorfnim stijenama.³⁵

Lignit ugljen je najnižeg stupnja pougljenjivanja. Najčešće je smeđe ili crne boje, lako se drobi i u prvome se redu koristi za proizvodnju električne energije. Ima nizak udio ugljika i razmjerno visok sadržaj vlage. Toplinska moć lignita najniža je od svih ugljena. Procesi eksploatacije i transporta su najjeftiniji jer su slojevi lignita debeli i pokriveni tankim sedimentima, pa se ležišta otvaraju površinskim kopovima i u blizini njih se grade termoelektrane prilagođene proizvodnji električne energije. Smeđi ugljen srednje je tvrdoće, sadrži manje vlage i manje je drobljiv nego lignit. Postoji sjajni i mat smeđi ugljen. Koristi se za proizvodnju električne energije, ni i kao izvor energije za proizvodnju cementa, te kao sirovina za preradu u industriji. 80 % ugljena čini ugljik. Kamenj ugljen sadrži manje vlage od smeđeg ugljena. Ima visoku toplinsku moć, a sadržaj ugljika iznosi do 90 %. Primjena mu ovisi o sastavu. Za proizvodnju električne energije u termoelektranama općenito se koriste kamenj ugljeni koji imaju nizak sadržaj mineralne tvari i visoku toplinsku moć. Za proizvodnju koksa koji je gorivo pri proizvodnji sirovog željeza, koriste se kamenj ugljeni s visokim sadržajem taljivih macerala, te niskim sadržajem sumpora i fosfora koji su štetni za koksiranje, kao i niskim sadržajem mineralne tvari. Antracit je najtvrdi i najčvršći, ali i najrjeđi od četiriju vrsta ugljena. Ima visoki sadržaj ugljika, od 90 do 95 % i veliku toplinsku moć. Koristi se u sustavima za pročišćavanje vode i grijanje u kućanstvima te u industriji kao gorivo bez dima.³⁶

3.1.2 Eksploatacija ležišta i transport ugljena

Istraživanja ležišta ugljena odvijaju se u fazama i ne provodi se samo na početku (kao potraga za pogodnim ležištima), nego je to kontinuirani proces koji godinama prati tijek eksploatacije. Istraživanje ležišta ugljena uključuje različite discipline geologije i rudarstva, kao i pravne, ekonomske i ekološke aspekte. S vremenom se prikuplja sve više podataka i sve se više zna o građi podzemlja i o karakteristikama ležišta. Budući da se najbolji dijelovi slojeva ugljena u pravilu nalaze u podzemlju, veliku važnost imaju geofizička istraživanja, mjerenje iz aviona,

³⁵ Ibidem, str.21.

³⁶ Ibidem, str. 31.

površinska mjerenja i geofizička mjerenja u bušotinama. Na površini se provodi geološko kartiranje pri kojemu se mogu izravno identificirati izdanci ugljena, strukture, tragovi samozapaljenja, lokacije izvora, klizišta i druge pojave koje mogu olakšati izradu detaljne geološke karte područja. Od geofizičkih mjerenja iz aviona najčešća su gravimetrijska i magnetometrijska mjerenja. Primjenom površinskih geofizičkih mjerenja (električna metoda, magnetometrija) može se u povoljnim geološkim uvjetima smanjiti potrebna gustoća bušotina za definiranje rezervi. Geofizička mjerenja u bušotinama olakšavaju postavljanje granica među slojevima u podzemlju i mogu smanjiti potrebu za jezgrovanjem (uzimanjem uzoraka iz bušotina). Najčešće se koriste metode prirodne i izazvane radioaktivnosti, mjerenje gustoće stijena i mjerenje varijacija promjera bušotine, mjerenje brzine širenja zvuka te spontani potencijal i električna otpornost, ponekad i mjerenje položaja slojeva.³⁷

Nakon što se utvrdi nalazište ugljena, ugljen se eksploatira podzemno (jamama) ili površinski (površinskim kopovima). Odabir načina eksploatacije uglavnom je određen dubinom ugljenonosnih slojeva. Potrebe za metalnim mineralnim sirovinama, rudama (željezo, bakar ili zlato) nešto kasnije za nekim od nemetalnih mineralnih sirovina (sol, ugljen) vrlo su rano dovele do potrebe da se uđe u podzemlje i započne s dobivanjem (kopanjem) tj. dolazi do razvoja podzemne eksploatacije mineralnih sirovina. Prvotno se mineralne sirovine dobivale ručno (lopatama, krampovima), kasnije dolazi do uporabe eksploziva koji se i danas kod dobivanja određenim mineralnih sirovina (bakar, olovo, zlato) zadržao kao glavno sredstvo za razaranje stijena. Danas je podzemna eksploatacija mehanizirana i velikim dijelom automatizirana. Ubrzano se radi na njenoj robotizaciji. Potkraj 19. stoljeća sve veće potrebe za mineralnim sirovinama, kao i razvoj tehnologije, pare kao pokretača strojeva, omogućili su suvremenu i površinsku eksploataciju. Industrijske zemlje (SAD, Njemačka, Australija, Rusija) zbog svojih prirodnih uvjeta i ekonomske moći posebno su pridonijele da površinska eksploatacija doživi današnji stupanj razvoja. Razvoj tehnologije stalno omogućava povećanje graničnih dubina površinskih kopova. Površinska eksploatacija se u pravilu primjenjuje kad su ugljeni slojevi bliže površini, iako se danas već projektiraju površinski kopovi ugljena duboki i 300m. Također je iskoristivost ugljena veća nego kod podzemne eksploatacije. Kod kontinuirane tehnologije kopa se bagerima s više vjedrica u zahvatu (neprekidno rezanje) rotornim ili bagerima vjedričarima, a ugljen se prevozi tračnim transporterima (transportnim gumenim trakama) ili željeznicom. Diskontinuirana tehnologija karakteristična je po bagerima lopatarima i bagerima s povlačnim košem i po transportu ugljena kamionima.

³⁷ Ibidem, str. 32.

Način na koji se ugljen prevozi do mjesta potrošnje ovisi o udaljenosti korisnika. Ugljen se na kratkim udaljenostima transportira tračnim transporterima, kamionima ili žičarama. Kamionski se prijevoz oslanja na kamione velike nosivosti. Na manjim udaljenostima sitni ugljen može se pomiješati s vodom, čime tvori suspenziju (pulpu) koja se transportira cjevovodom. Vlakovi i tegljači upotrebljavaju se za veće udaljenosti na tržištima unutar jedne zemlje. Brodovi se uobičajeno koriste za međunarodne Transporte.³⁸

3.1.3 Utjecaj na okoliš

Danas se ugljen većinom nalazi ispod sloja stijena i blata, a da bi se došlo do njega probijaju se rudnici. Dvije najvažnije upotrebe ugljena su proizvodnja čelika i električne energije. Ugljen daje oko 23% ukupne primarne energije u svijetu. 38% generirane električne energije u svijetu dobiveno je od ugljena. Za oko 70% proizvodnje čelika u svijetu potreban je ugljen kao ključni sastojak. Gledano iz ekološkog aspekta, ugljen je najopasniji izvor energije. Ugljen je, kao i svi fosilni izvori energije, najvećim je dijelom sačinjen od ugljika i vodika. Unutar ugljena zarobljene su nečistoće-sumpor i dušik. Kad ugljen sagorijeva, te nečistoće otpuštaju se u atmosferu. U atmosferi se te čestice spajaju s parom (na primjer u oblacima) i formiraju kapljice koje padaju na zemlju kao kisele kiše. Unutar ugljena postoje još i sitne čestice minerala. Te čestice ne sagorijevaju i stvaraju pepeo koji ostaje nakon sagorijevanja. Jedan dio tih čestica biva uhvaćen u vrtlog plinova i, zajedno s parom, formira dim koji dolazi iz elektrana na ugljen. Kad ugljen sagorijeva, ugljik se miješa s kisikom iz zraka i na taj način formira ugljični dioksid. Ugljični dioksid je plin bez boje i mirisa, a u atmosferi je jedan od stakleničkih plinova. Ugljen je stoga vrlo prljav izvor energije. U zadnjih 20 godina znanstvenici su pronašli načine da uhvate veliki dio nečistoća prije nego one dospiju u atmosferu. Danas postoje tehnologije koje mogu pročistiti 99% sitnih čestica i ukloniti 95% nečistoća koje prouzrokuju kisele kiše. Također postoje tehnologije koje smanjuju emisiju ugljičnog dioksida u atmosferu efikasnijim sagorijevanjem ugljena. Može se reći da je najčišća primjena ugljena za dobivanje energije pretvaranje u plin. Unutar velike metalne posude ugljen se zagrije i polije vodom. Na taj način se dobije smjesa ugljičnog monoksida i vodika, a to je plin. Tim postupkom se iz ugljena uklanja većina nečistoća, pa prilikom spaljivanja ne dolazi do znatnog onečišćenja okoline. U svim modernim elektranama na ugljen postoje uređaji koji uklanjaju sumpor iz plinova nakon sagorijevanja, prije nego odu u atmosferu. Usprkos svim postupcima pročišćavanja, jedan dio nečistoća izlazi u atmosferu i uništava prirodu. U bližoj budućnosti neće biti problema s opskrbom ugljenom jer su njegove

³⁸ Ibidem, str. 43-52.

zalihe dovoljne, ali bi moglo biti problema zbog ekonomskih i ekoloških aspekata iskorištavanja te energije.³⁹

Ugljen ima važan doprinos u gospodarskom i društvenom razvoju u čitavom svijetu, njegov je utjecaj na okoliš izazov. Prilikom površinskih kopova, dolazi do poremećaja na velikim zemljišnim površinama. Dolazi do velikog utjecaja na okoliš, uključujući promjenu krajobraza, eroziju tla, prašinu, buku i onečišćenje vode te utječe na lokalnu bioraznolikost. Površinska eksploatacija ima veliki utjecaj na okoliš, koji se najčešće manifestira kroz trajnu promjenu morfologije zahvaćenog terena. Trajne promjene terena zahvaćenog rudarskim radovima, obično imaju za posljedicu utjecaj na krajobrazne vrijednosti, no mogu imati utjecaja i na sigurnost okoliša. Studije istražuju utjecaj eksploatacije na površinske vode, vode na tlu, na tlo, uporabu lokalnog tla, te na vegetaciju i životinjsku populaciju. Problem koji se može izravno povezati s podzemnom eksploatacijom ugljena jest urušavanje zemljišta iznad rudnika, pri čemu se razina zemlje spušta. Podzemne vode iz rudnika mineralima su bogate vode koje se stvaraju u kemijskoj reakciji između vode i stijene koje sadrže minerale u kojima se nalazi sumpor. Voda obogaćena mineralima obično je kisela i često dolazi iz područja podzemnog odvodnjavanja. Prilikom eksploatacije može doći do onečišćenja prašinom i bukom koje su izazvane kamionima koji voze po unutarnjim prometnicama, postupcima sitnjenja ugljena, bušenja i vjetrom. Metan je jaki staklenički plin koji se stvara tijekom procesa stvaranja ugljena. Oslobađa se iz slojeva ugljena i okolnih slojeva tijekom eksploatacije. Površina na kojoj se eksploatira ugljen samo je u privremenoj uporabi, tako da je jako bitno da se nakon završetka eksploatacije ugljena provede tehnička sanacija i biološka rehabilitacija zemljišta. Aktivnosti na saniranju i revitalizaciji zemljišta provode se postupno, uz oblikovanje rudarskih radova, zamjenu gornjeg sloja tla, zasijavanje trave i sadenje drveća na područjima gdje je otkopana mineralna sirovina. Treba obratiti pozornost na premještanje vodenih tokova, životinjski i biljni svijet i druge vrijedne resurse. Novooblikovano zemljište može se upotrijebiti na više načina, uključujući poljoprivredu, šumarstvo, može poslužiti za životinjske nastambe i rekreaciju.⁴⁰

³⁹ <http://www.izvorienergije.com/ugljen.html>, 2015.

⁴⁰ Višković, A. Saftić, B. Živković, S.A., op. cit., str. 55-57.

3.2 Nafta

Nafta je jedan od najznačajnijih izvora energije na našoj planeti. Nafta je nastala iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo milijuna godina u morima. Njihovim izumiranjem na dnu mora su se nataložile ogromne količine organskog materijala koji je bio prekriven pijeskom i muljem, a djelovanjem raznih poremećaja dospio je duboko u zemlju. Iz ovog organskog materijala je pri povišenim pritiscima i temperaturama, tijekom više milijuna godina nastala nafta. Nafta nije ostajala na mjestu nastanka, već se kretala i sakupljala između nepropusnih slojeva stijena, odakle se danas eksploatira. Obično se zajedno s naftom nalaze i male količine prirodnog plina. Nafta je i izvor energije i izvor sirovina za organsku kemijsku industriju.⁴¹

3.2.1 Eksploatacija i prerada nafte

Sirova nafta se rijetko može upotrijebiti u stanju u kakvom je dobivena iz zemlje, već je potrebno da se pročisti i preradi. Proces prvo započinje geološkim i geofizičkim ispitivanjem područja koje je potencijalno bogato naftom od strane stručnih ljudi i inženjera. Ako se utvrdi postojanje nafte koja se nalazi zbijena u sitnim porama između stijena pod vrlo velikim pritiskom, buši se eksploatacijska bušotina kroz debele slojeve pijeska, mulja i stijena iz kojih se vrši crpljenje nafte pa zatim i transport do rafinerije za preradu. Platforma je učvršćeno ili pokretno postolje s nadgrađem namijenjeno za odobalno bušenje dna ispod vodenih površina radi istraživanja i/ili proizvodnje nafte ili prirodnoga plina. Nadgrađe platforme je prostor za smještaj postrojenja, procesnih sustava i opreme, za slijetanje helikoptera, za rad i boravak osoblja. Prema namjeni se razlikuju dva osnovna tipa platformi: bušaća platforma za izradbu istražnih ili razradnih bušotina te proizvodna platforma. Bušaća platforma u načelu je autonomna pokretna plovna jedinica s vlastitim sustavom propulzije ili bez njega. Proizvodna platforma služi za crpenje nafte ili plina iz bušotine i u načelu je vezana za mjesto proizvodnje.⁴²

Transport se može izvršiti na različite načine: tankerima, cisternama, željezničkim putem, odnosno cestovnim te naftovodima što je ujedno i najjeftinija opcija. Nafta se prerađuje u rafinerijama. Rafinerije nafte su velika postrojenja u kojima se iz sirove nafte različitim procesima izdvajaju naftni derivati kao što su npr. tekući plin, dizelsko gorivo, benzin, mlazno

⁴¹ http://www.academia.edu/10366385/Prerada_nafte_i_njeni_proizvodi, 2015.

⁴² <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=48634>, 2015.

gorivo, motorna ulja koja su potrebna krajnjim korisnicima. Prerada nafte se vrši na različite načine.

Postupci prerade zavise od prirode nafte koja se prerađuje, ali i od zahtjeva tržišta za pojedinim proizvodima koji se dobivaju njenom preradom. Danas rafinerije proizvode gotovo 2000 raznih naftnih derivata. Iz sirove nafte najprije se uklone plinovi, voda i mineralne soli, a zatim se vrši frakcijska destilacija pod atmosferskim pritiskom. To je primarna prerada nafte. Prerada nafte obično započinje razdvajanjem nafte u više dijelova (frakcija) na osnovu različitih točki ključanja; nafta se zagrijava u posebnim aparatima na atmosferskom pritisku i skuplja se destilat u određenim temperaturnim intervalima. Svaka frakcija predstavlja složenu smjesu ugljikovodika; naknadnom destilacijom može se, na primjer, prva frakcija razdvojiti u frakcije s manjim temperaturnim intervalima. Frakcije atmosferske destilacije su laki benzin, teški benzin, petrolej i plinsko ulje i laki ostatak koji se može upotrebljavati kao takav ili se podvrgava vakuum destilaciji.⁴³

3.2.2 Negativni utjecaji korištenja nafte

Danas bušimo kroz debele slojeve pijeska, mulja i stijena da bi došli do nalazišta nafte. Prije nego počne bušenje kroz sve te slojeve, znanstvenici i inženjeri proučavanju sastav stijena. Ako sastav stijena ukazuje na moguće nalazište nafte počinje bušenje. Veliki problem prilikom bušenja i transporta je mogućnost isticanja nafte u okoliš. Nove tehnologije omogućavaju povećanje preciznosti kod pronalaženja nafte, a to rezultira manjim brojem potrebnih bušotina. Od 1990. godine vrijedi zakon da svaki novi izgrađeni tanker mora imati dvostruku ljusku da bi se spriječio izljev nafte u more prilikom havarije. Usprkos svim poboljšanjima tehnologije bušenja i transporta još uvijek se događaju izljevi nafte u more, a to rezultira gotovo potpunim uništenjem biljnog i životinjskog svijeta u tom dijelu mora. Iako je zagađenje mora isticanjem sirove nafte veliko, u usporedbi sa zagađenjem zraka korištenjem naftnih derivata je zanemarivo. Prilikom sagorijevanja naftnih derivata oslobađaju se velike količine ugljičnog dioksida u atmosferu. Ugljični dioksid je staklenični plin i njegovim ispuštanjem u atmosferu utječemo na povećanje globalne temperature na Zemlji. Zbog tog problema donesen je Kyoto protokol, ali ga najveći zagađivači još uvijek nisu potpisali.⁴⁴

Protokol iz Kyota Ujedinjenih naroda uz Okvirnu konvenciju o promjeni klime dodatak je međunarodnom sporazumu o klimatskim promjenama, potpisan s ciljem smanjivanja emisije

⁴³ http://www.academia.edu/10366385/Prerada_nafte_i_njeni_proizvodi, 2015.

⁴⁴ <http://www.izvorienenergije.com/nafta.html>, 2015.

ugličnog dioksida i drugih stakleničkih plinova. Protokol iz Kyota je usvojen u Kyotu, Japan, 11. prosinca 1997. i stupio je na snagu 16. veljače 2005. godine.⁴⁵

3.3 Prirodni plin

Prirodni plin je zapaljiva mješavina plinova ugljikovodika te sadrži najvećim dijelom plin metan, ali također može sadržavati i etan, propan, butan, pentan, i više ugljikovodike. Sastav može široko varirati, ovisno o izvorima i putovima kojima se transportira do nas. Prirodni plin je čist izvor energije koji ne zagađuje okoliš, lako se koristi i praktičan je za razliku od drugih fosilnih energenata. Korisnik nema potrebe za dodatnim prostorom i poslovima oko uskladištenja i održavanja. Nema neizgorenih ostataka (pepela) pa ne prlja prostorije u kojima se koristi, te nema neugodan miris kod upotrebe. Neobično je da se u prošlosti kad bi se naišlo na plin a ne na naftu to smatralo lošom viješću i rupa se zatrpavala. Prirodni plin se, na prvi pogled, može smatrati nezanimljivim plinom–bez mirisa i boje, proziran u svojoj čistoj formi, a kada je zapaljen daje veliku količinu energije. Takvu čistu i dostupnu energiju trebamo neprestano, za zagrijavanje naših domova, kuhanje hrane, zagrijavanje vode, za proizvodnju električne energije. Općenita potreba za energijom koja nije štetna za okoliš podigla je važnost prirodnog plina kao energenta u našem društvu i u našim životima.⁴⁶

3.3.1 Nalazišta prirodnog plina

Prirodni plin, kao i nafta, nalazi se u ležištima, koja se nalaze uglavnom u sedimentnim stijenama (pješčenicima, karbonatima i dolomitima), na dubinama od nekoliko stotina do nekoliko tisuća metara. S povećanjem dubine povećava se, u odnosu na naftu, i količina prirodnoga plina. Ležišta se razvrstavaju prema fizikalnim i termodinamičkim značajkama na nekoliko tipova: ležišta suhoga plina, iz kojih se dobiva samo plin; ležišta vlažnoga plina, iz kojih se uz plin dobiva i manja količina kondenzata (kondenziranih viših ugljikovodika), koji se stvara tek pri tlaku i temperaturi koji vladaju na površini; plinsko-kondenzatna ležišta, iz kojih se uz plin dobivaju i velike količine kondenzata.⁴⁷

Otkrivena su velika nalazišta plina, a najveća su u Iranu, Rusiji, Saudijskoj Arabiji, Kataru i Sjevernoj Africi. Osobito na ruskom dijelu Arktika, blizu otoka Sahalina i u Barentsovu moru postoje goleme zalihe. Računa se da u toj zoni ima plina koji se lako može izvaditi u količinama koje odgovaraju stotinama milijardi barela nafte. U morskim dubinama postoje

⁴⁵ http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php, 2015.

⁴⁶ <http://www.montcogim.hr/HR/prirodni-plin/sto-je-prirodni-plin/>, 2015.

⁴⁷ <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=50450>, 2015.

golemi izvori energije, a to su "hidrati" koji se nalaze na velikoj dubini, u uvjetima visokog tlaka i niskih temperatura. Hidrati su slični običnu ledu, ali u njihovoj su unutrašnjosti zarobljene znatne količine metana. Pretpostavlja se da su nastali tako da su se plinovi uspinjali duž pukotina na zemljinoj kori sve dok nisu došli u dodir s ledenom vodom pod velikim tlakom. Vrlo ih je teško izvaditi zbog tehničkih razloga ili zbog raspršenosti na velikim površinama. Teško je reći koliko će trajati zalihe plina. Procjenjuje se da je količina plina u podzemlju slična količini nafte. Plina se, ipak, dosad potrošilo mnogo manje. "Strop" u potrošnji svakako će se dosegnuti tek nakon "stropa" u korištenju nafte, dakle negdje od 2030. do 2040. godine. U SAD-u je proizvodnja prirodnog plina već dosegla svoj maksimum i očekuje se njezin pad. Isti se scenarij ponavlja i s nalazištima prirodnog plina u Sjevernom moru. Područja kao što su Srednji istok i Rusija uspijevaju održati korak s potrošnjom i izvozom.⁴⁸

3.3.2 Vađenje i transport prirodnog plina

Kod vađenja prirodnog plina još uvijek postoje ograničenja zbog današnje tehnologije. Prirodni plin se ne nalazi samo u džepovima, nego se u mnogo slučajeva nalazi s naftom. Često se i nafta i prirodni plin izvlače iz istog nalazišta. Kao i kod proizvodnje nafte, dio prirodnog plina samostalno dolazi na površinu zbog velikog pritiska u dubinama. Ti tipovi plinskih bušotina zahtijevaju sustav cijevi koji se naziva "božićno drveće" za kontrolu protoka plina. Kad je pritisak još uvijek dovoljno velik plin dolazi na površinu kroz taj sustav cijevi. Sve je manje takvih bušotina jer je većina plina već izvađena. Zbog toga skoro uvijek treba upotrijebiti neku vrstu pumpanja iz podzemlja. Kad pritisak padne potrebno je plin ispumpravati iz zemlje. Najčešći oblik pumpe je "konjska glava" koja diže i spušta prut u bušotinu i van, dovodeći prirodni plin i naftu na površinu. Često se protok plina može poboljšati tako da se stvore sitne pukotine u stijeni, koje služe kao staze za protok plina. U stijenu se pod visokim pritiskom pumpa neka tekućina (npr. voda) koja razbija stijenu. Prirodni plin se pronalazi u različitim podzemnim formacijama. Neke su formacije teže i skuplje za iskorištavanje, ali ostavljaju prostor za poboljšanje opskrbe plinom u budućnosti. Nakon što se prirodni plin izvuče na površinu, preko sustava plinovoda (u plinovitom stanju) se dovodi u spremnike.⁴⁹

Plinovodi su cjevovodni sustavi za prikupljanje prirodnoga plina s plinskih bušotina, njegov transport i distribuciju. Sustav se sastoji od više dijelova (mreža): transportni plinovod,

⁴⁸ Višković, A., op. cit., str. 56-57.

⁴⁹ http://www.izvorienenergije.com/prirodni_plin.html, 2015.

distributivna mreža i kućna instalacija, pa o tome ovisi i promjer cijevi i debljina njihovih stijenki. Osim cjevovoda, plinovod obuhvaća i sabirne, centralne, kompresorske i druge stanice, skladišta plina te sustav nadzora i upravljanja. Cijevi, prirubnice, zaporni i sigurnosni uređaji mogu biti, osim od čelika, i od polietilena (tlak do 10 bara) te od bakra za kućnu instalaciju. Cijevi transportnog i distributivnog plinovoda ukapaju se u rovove na dubini od 80 do 120 cm i u pravilu se spajaju zavarivanjem. Cijevi se mogu polagati i na dno rijeka, jezera, kanala te na morsko dno. U sabirnim stanicama plina prikuplja se plin s bušotina i preko zajedničkoga plinskoga kolektora vodi do centralne plinske stanice (CPS). U njoj se plin priprema za transport odvajanjem tekuće faze, katkada i visokomolekularnih ugljikovodika, te sušenjem. Transportni plinovod ujedno je i akumulacijski, jer služi i za skladištenje plina pri uravnoteživanju dobave i potrošnje. U njega su ugrađene stanice za čišćenje cijevi, kompresorske stanice za eventualno povećanje tlaka te primopredajne mjerno-regulacijske stanice u kojima od proizvođača ili dobavljača plin preuzima ili veći industrijski potrošač (termoelektrane, tvornice cementa, stakla i dr.) ili distributer. U tim se stanicama plin mjeri radi naplate i regulira mu se tlak na iznos potreban industrijskom potrošaču ili distributeru. Distributivna mreža razvodi plin do krajnjih korisnika. U njoj se također nalaze regulacijske stanice za manje industrijske korisnike ili široku potrošnju (domaćinstva, obrt, ustanove). U njima se, uz ostalo, nalaze i uređaji za odorizaciju, tj. za dodavanje sredstva koje plinu daje posebno neugodan miris kao signal njegova mogućeg ispuštanja iz cjevovoda. Distributivna je mreža u pravilu protočna, a izvodi se u nekoliko razina tlakova (visokotlačna, srednjetačna i niskotlačna) i oblika (razgranata, prstenasta). Mreža završava kućnim priključkom na objektu potrošača. Plinska instalacija u objektu može također biti od čelika, bakra ili polietilena, a ima ugrađene zaporne organe, regulator tlaka i plinomjer.⁵⁰

Danas se, primjerice, plin kupuje i od udaljenih zemalja do kojih je gotovo nemoguće postaviti cijevi. U tom slučaju, plin se treba prevesti brodovima. Plinu treba smanjiti obujam i pretvoriti ga u tekuće stanje, dakle doći do tzv. ukapljenog plina, proces koji se odvija pri vrlo niskoj temperaturi od -136°C . Na taj se način volumen plina smanjuje 600 puta i može se transportirati morskim ili riječnim putem na odgovarajućim brodovima. A kad jednom stigne na odredište plin treba transformirati u plinovito stanje korištenjem tzv. isparivača.⁵¹

⁵⁰ <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=48741>, 2015.

⁵¹ Višković, A., op. cit., str. 57.

3.4 Nuklearna energija

Nuklearna energija ima važnu ulogu u osiguravanju različitosti izvora električne energije. Ta uloga dobivat će na značaju sve više uzimajući u obzir činjenicu da se rezerve fosilnih goriva, naročito nafte i prirodnog plina, ubrzano iscrpljuju, a time postaje neizvjesna i stabilnost njihove cijene i raspoloživost dostatnih količina na svjetskom tržištu.⁵²

3.4.1 Povijesna zbivanja

Pojavi današnjih nuklearnih elektrana prethodio je niz otkrića fizičara u drugoj polovini 19. stoljeća, počevši otkrićem radioaktivnosti i ionizirajućeg zračenja. Ionizirajuće zračenje svojstvo je nekih vrsta atoma da im se jezgre spontano mijenjaju i pritom emitiraju energiju u obliku zračenja. S obzirom na njemačku ekspanzionističku politiku uoči početka Drugog svjetskog rata javljaju se prve zamisli o vojnoj uporabi fisije. U jeku ratnih zbivanja 1942. započinje Manhattan projekt (projekt izrade nuklearne bombe). Projekt je rezultirao s tri nuklearne bombe, jednom testnom (Trinity) i dvjema kojima su bombardirani Hiroshima (uranova-Little Boy) i Nagasaki (plutonijska-Fat Man). Razlog za izgradnju prvog pravog reaktora bila je proizvodnja plutonija koji je uporabljen u bombi bačenoj na Nagasaki. Ovim dostignućem ostvarila se dotad nepoznata pojava-oslobađanje energije atomskih jezgri i njezinu uporabu. Nažalost, ta je energija u početku bila korištena u vojne svrhe. Završetkom Drugog svjetskog rata, započinje i era mirnodopske primjene nuklearne energije-proizvodnja električne energije u energetske nuklearnim reaktorima korištenjem samoodržavajuće lančane reakcije fisije jezgara teških elemenata. Prvu komercijalnu nuklearnu elektranu izgradili su i u pogon pustili stručnjaci bivšeg SSSR 1954. u Obninsku. Potom su uslijedile godine pogona komercijalnih nuklearnih elektrana. Nuklearna energija ubrzo je, pored uporabe u nuklearnim elektranama, našla svoju primjenu i u drugim tehničkim sustavima. To se prije svega odnosi na pogon brodova (npr. američki trgovački brod Savannah), ledolomaca (npr. ruski Lenjin), i podmornica (npr. američka Nautilus), eksperimentalni pogon raketa za svemirska istraživanja, proizvodnju izotopa u medicinske svrhe i dr.⁵³

⁵² <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Uvodna-razmatranja-o-nuklearnoj-energetici>, 2015.

⁵³ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Povijesna-zbivanja>, 2015.

3.4.2 Fizikalne osnove nuklearne fisije i fuzije

Postoje dva različita načina dobivanja energije iz atoma. Atom možemo razbiti u dva lakša, ili spojiti dva atoma da bi se dobio jedan teži. Nazivi tih dvaju postupaka su fisija i fuzija. U oba slučaja oslobađa se velika količina energije, jer u ovakvim reakcijama jedan dio početne mase nestane, potpuno se pretvarajući u energiju. Pri svakoj fisiji oslobađa se toplinska energija i emitira ionizirajuće zračenje. Jedini fisijski materijal, raspoloživ u prirodi, je prirodni uran. Atom predstavlja najsitniju česticu kemijskog elementa za koju se do početka prošlog stoljeća smatralo da je nedjeljiva. Kada nastane atomska fisija, atom se podijeli u dva jednostavnija atoma i oslobodi veliku količinu energije. Uvijek oslobodi i neutrone, koji se izbačeni velikom snagom, sudaraju s drugim atomskim jezgrama, uzrokujući njihovu fisiju. I iz tih jezgara mogu biti oslobođeni neutroni koji će se sudarati s drugim atomima, i tako reakcija ide dalje. Kad jednom krene, reakcija uzrokuje druge, tj. lančane reakcije. Zbog ovoga nuklearna reakcija može biti eksplozivna (u atomskoj bombi). Lančana reakcija je samoodržavajuća ako je broj novih fisija nepromjenjiv odnosno samo dio neutrona nastalih fisijama izazivaju nove fisije (dio ih je apsorbiran u drugim materijalima). Fisijski su produkti nestabilni, imaju višak energije, a da bi ostvarili stabilnost dalje se raspadaju pri tom emitirajući dodatne količine toplinske energije (koju se mora odvoditi) i radioaktivnog zračenja (od čijih učinaka se štiti posebnom biološkom zaštitom). Energija se procesom fisije dobiva ako je ukupna masa jezgara nastalih fisijom manja od mase početne jezgre. Drugim riječima, prosječna energija veze u nastalim jezgrama veća je od prosječne energije veze u početnim jezgrama.⁵⁴

Fuzija je nuklearna reakcija pri kojoj dolazi do spajanja jezgara atoma i nastajanja teže jezgre. Proces je praćen oslobađanjem ili apsorpcijom energije što ovisi o masi uključenih jezgri. Atomske jezgre su pozitivno nabijene i odbijaju se, a da bi ih se spojilo, potrebno ih je sudariti dovoljno brzo kako bi se prevladala odbojna električna sila. Prilikom toga se oslobađa ogromna količina energije. Fuzija je također izvor energije u zvijezdama. Nuklearna reakcija lakih elemenata oslobađa energiju koja uzrokuje njihov sjaj. Jedna od reakcija fuzije koja se odvija u zvijezdama je i niz proton-proton ili p-p niz. Reakcijom zvijezde pretvaraju vodik u helij, a takav niz prevladava kod zvijezdi veličine našeg Sunca ili manjih. Proces fuzije mogao bi se odvijati i u termonuklearnim elektranama pri kontroliranim uvjetima. To bi imalo smisla samo ako bi se proizvelo dovoljno energije u odnosu na utrošenu energiju u odvijanju procesa. Potrebno je postići visoke temperature, a izgradnja takve elektrane predstavlja pravi

⁵⁴ <http://e-kako.geek.hr/znanost/fizika/kako-nastaje-nuklearna-energija/>, 2015.

tehnološko-inženjerski pothvat. Potrebni su kontrolirani sudari pri velikim brzinama, a kako je brzina čestica u korelaciji s temperaturom, potrebna je temperatura od 200 milijuna stupnjeva Celzijevih koja bi ubrzala čestice do potrebne brzine. Pri toj se temperaturi atomi raspadaju na jezgre i elektrone formirajući plazmu-mješavinu nabijenih čestica. Vruća fuzijska plazma treba doći u kontakt sa zidom reaktora, što se postiže pomoću magnetskog polja. Gorivo nuklearne fuzijske elektrane su izotopi vodika deuterij i tricij, koji se nalaze u vodi. Radi se dakle o praktički neograničenom izvoru energije.⁵⁵

3.4.3 Nuklearne elektrane

Osnova prve nuklearne elektrane u Obninsku (Rusija) je reaktor s termičkim neutronima, s grafitnim moderatorom i hlađenjem s pomoću vode pod tlakom. Nedugo potom u pogon ulaze i prve nuklearne elektrane u drugim zemljama. U Velikoj Britaniji je to bila nuklearna elektrana Calder Hall na lokaciji Sellafield (1957). Njena četiri reaktora tipa Magnox bila su hlađena plinom CO₂. U SAD-u prva je komercijalna nuklearna elektrana Shippingport (1957.) u blizini Pittsburgha. Pored toga od početka pedesetih godina u pogonu je i eksperimentalni oplodni reaktor u američkoj saveznoj državi Idaho. U Francuskoj početkom 1956. ulazi u komercijalni pogon nuklearna elektrana G-1 Marcoule s plinom hlađenim reaktorom. Svi navedeni objekti danas su van pogona, a većina njih razgrađena je. Kroz razdoblje od trenutka puštanja u pogon prve nuklearne elektrane u svijetu do danas nuklearna energetika se pretvorila u veliku samostalnu granu energetike, stvoreni su različiti tipovi reaktora, a nuklearno gorivo igra sve veću ulogu u energetske bilanci mnogih zemalja u svijetu. Specifičnost je nuklearne elektrane u odnosu na klasičnu termoelektanu iskorištavanje reaktora kao izvora toplinske energije. Kod nuklearnih elektrana razlikuju se primarno postrojenje, koje se odnosi na reaktor, elemente primarnog kruga i na pomoćne sustave reaktora, te sekundarno postrojenje, kojemu pripada turbinsko i električno postrojenje elektrane.⁵⁶

Pod raznim tipovima nuklearnih elektrana smatraju se različiti tipovi primarnog (reaktorskog) postrojenja. Osnovni materijali prema kojima se nuklearni reaktori razlikuju su nuklearno gorivo, moderator i rashladni fluid. Svrha je nuklearnog goriva proizvodnja toplinske energije procesom fisije. Nuklearno gorivo mogu biti prirodni ili obogaćeni uran u formi metalnog urana ili uran dioksida. Moderator je medij za usporavanje neutrona, a mogu biti obična voda,

⁵⁵ <http://cudapriode.com/portal/bptkzn/6897-energija-budunosti-to-je-nuklearna-fuzija>, 2015.

⁵⁶ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Prve-nuklearne-elektre-u-svijetu>, 2015.

teška voda i grafit. Rashladni fluid odvodi toplinsku energiju nastalu raspadom urana i fisijskih produkata. Korišteni rashladni fluidi su obična voda, teška voda, ugljični dioksid, helij i tekući metal. Prema današnjem značenju za nuklearnu energetiku slijedi sažetak tipova reaktora. Tlakovodni reaktor koristi za gorivo oksid obogaćenog urana, a hlađen je i moderiran običnom vodom pod tlakom. Otprilike 60 posto svih nuklearnih energetskih reaktora u svijetu su ovog tipa. Kipući reaktor također koristi isto gorivo, moderator i rashladno sredstvo, ali voda ključa. Danas je udio ove vrste u broju energetskih reaktora oko 20 posto. Teškovodni reaktor koristi oksid prirodnog ili obogaćenog urana, hlađen je i moderiran teškom vodom s tlakom vode višim od tlaka zasićenja (nema ključanja). Plinom hlađeni reaktor poznat je u dvije generacije. Prvi, poznat još pod nazivom Magnox, moderiran je grafitom, hlađen ugljičnim dioksidom, a gorivo je metalni prirodni uran. Druga, naprednija generacija, bitno se razlikuje od prve po izvedbi, obloge gorivnih šipki su od nehrđajućeg čelika, a gorivo je oksid obogaćenog urana. Reaktor moderiran grafitom i hlađen kipućom vodom, građen je samo u bivšem SSSR. Gorivo mu je oksid obogaćenog urana. Visokotemperaturni reaktor posljednji je korak u razvoju grafitom moderiranih reaktora. Hlađen je helijem, a koristi oksid obogaćenog urana. Svi spomenuti reaktori pripadaju skupini termalnih reaktora što znači da upotrebljavaju moderator za termalizaciju neutrona. Brzi oplodni reaktor nema moderatora, a hlađen je tekućim metalom. Kao gorivo koristi oksid urana višeg obogaćenja ili oksid plutonija, a kao oplodni materijal prirodni uran. Ova vrsta reaktora omogućuje daleko ekonomičnije korištenje urana u odnosu na termičke reaktore.⁵⁷

Proizvodnja električne energije u nuklearnim elektranama sigurnija je nego proizvodnja u ostalim tipovima elektrana. U studiji švicarskog instituta Paul Sherrer iz 2001. analizirane su 4290 nesreće povezane s proizvodnjom električne energije. Za ilustraciju dan je broj smrtnih slučajeva po milijardi proizvedenih kWh električne energije. Najveća je smrtnost kod hidroelektrana (101 slučaj po TWh), potom slijede termoelektrane na ugljen (39 slučajeva po TWh) i plin (10 slučajeva po TWh) te nuklearne elektrane (1 slučaj po TWh - uključujući i černobilsku nesreću). Danas se nuklearne elektrane opet počinju graditi, primjerice u Finskoj. U Europi samo Francuska nije prekidala svoj energetski program zasnovan na nuklearnim elektranama. Rusija i Ukrajina također imaju u izgradnji ili u planu nekoliko novih reaktora.

⁵⁷ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Tipovi-nuklearnih-elektrana>, 2015.

U sljedeća dva desetljeća predvodnici gradnje nuklearnih elektrana bit će azijske zemlje – razvijene (Japan i Južna Koreja) te one u razvoju (Kina, Indija, Pakistan).⁵⁸

3.4.4 Nuklearni gorivni ciklus

Nuklearni gorivni ciklus skup je aktivnosti kojima se dobiva sirovina za gorivo, izrađuje gorivo, upravlja njegovim korištenjem i brine o iskorištenom gorivu (spremanju, preradi i odlaganju radioaktivnog otpada). Uran se vadi iz Zemljine kore površinskim i dubinskim iskopom. Uran je u uranskoj rudi pomiješan s drugim mineralima. Stoga se mehaničkim i kemijskim metodama obrađuje, a uranski koncentrat izdvaja se kao oksid U_3O_8 . Potom slijedi njegova pretvorba u plin uranov heksafluorid UF_6 , što je pripremna faza za obogaćenje. U ovom procesu odstranjuju se nečistoće do potrebnog stupnja nuklearne čistoće urana. Gorivo ulazi u reaktor u vidu gorivnog elementa sastavljenog od pravilno raspoređenih gorivnih šipki. Osnovni sastavni dijelovi gorivnih šipki su tablete UO_2 i cijevi iz legure cirkonija. Prah oksida urana UO_2 proizvodi se iz UF_6 kemijskim postupcima. Tablete UO_2 dobivaju se sinteriranjem praha pri visokoj temperaturi. Nakon dopreme svježeg goriva u elektranu vizualno se kontroliraju eventualna oštećenja i nakon toga gorivo se smješta u skladište svježeg goriva. Tijekom redovnog remonta vrši se i izmjena goriva-punjenje, vađenje i razmještanje nuklearnog goriva u nuklearnom reaktoru. Nakon vađenja iz reaktora istrošeni gorivni elementi smještaju se u bazen za ozračeno gorivo na lokaciji elektrane. Voda u bazenu borirana je radi osiguravanja potkritičnosti, a ujedno omogućuje hlađenje istrošenog goriva (toplina nastaje radioaktivnim raspadom fisijskih produkata i njihovih potomaka) i zaštitu od zračenja. Nakon odležavanja u bazenu istrošeno gorivo može se preraditi u posebnim postrojenjima. Cilj je prerade izdvajanje urana i plutonija sadržanih u nuklearnom gorivu za naknadnu uporabu. Istrošeno nuklearno gorivo vrlo je radioaktivno te se procesom upravlja daljinski. Postupak prerade istrošenog goriva uključuje rezanje gorivnih šipki, odvajanje materijala obloge od gorivnih tableta, otapanje goriva dušičnom kiselinom i odvajanje urana i plutonija ekstrakcijom iz otopine. Preostali dio u otopini su fisijski proizvodi i aktinidi koji se prevode u kruto stanje isušivanjem i postupkom ustakljivanja kako bi se spriječilo njihovo izlučivanje u zemljište i podzemne vode. Staklena masa koja sadrži

⁵⁸ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Polozaj-nuklearne-energije-prema-ostalim-energentima-u-svijetu>, 2015.

radioaktivni otpad ulaže se onda u spremnike otporne na koroziju. Ovi spremnici odlažu se u odlagališta visokoradioaktivnog otpada u dubokim i stabilnim geološkim formacijama.⁵⁹

3.4.5 Utjecaj na okoliš

Nemoguće je proizvoditi energiju, uključivši sve faze od izgradnje, preko pogona i konačno do razgradnje energetskeg objekta bez utjecaj na okoliš i čovjeka. U nuklearnim elektranama toplinska se energija oslobađa fisijama za koje nije potreban kisik. Kisik je potreban kod procesa izgaranja-spajanja s kisikom-kod termoelektrana na fosilna goriva. Stoga je jedna od najvažnijih prednosti nuklearnih elektrana u odnosu na elektrane na fosilna goriva izostanak emisija velikih količina ugljičnog dioksida (stakleničkog plina koji doprinosi globalnom zagrijavanju Zemljine atmosfere), sumpornog dioksida (atmosfera ga izlučuje kao kiselu kišu), dušičnih oksida (uzrokuju nastanak kiselih kiša, stvaranje prizemnog ozona, razgradnju stratosferskog ozona) te ostalih čestica prisutnim u dimnim plinovima kao posljedica procesa izgaranja fosilnih goriva. Nuklearne elektrane mogu negativno utjecati na okoliš ispuštanjima radioaktivnog materijala iz elektrane slučaju nesreće a njihovim radom nastaje i radioaktivni otpad. Sigurnost nuklearnih elektrana jedan je od najbitnijih uvjeta za njezinu prihvatljivost kao energetskeg objekta. Osnovno načelo projektiranja nuklearne elektrane sa stajališta sigurnosti je tzv. obrana po dubini. Sastoji se u poduzimanju sustavnih mjera za očuvanje funkcija opreme i sustava za sigurnost nuklearne elektrane, i to tako da oni u pogledu zaštite okoliša djeluju serijski, jedan iza drugog. Fizičke su zapreke (barijere) matrica nuklearnog goriva, obloga gorivnog elementa, primarni rashladni krug i zaštitna zgrada. Djelotvornost navedenih barijera znatno bi bila umanjena kada ne bi postojali tehnički sustavi koji osiguravaju njihovu funkciju. To su sustav za zaštitno hlađenje jezgre reaktora i sustav za šticeenje zaštitne posude. Najbitnije obvezne mjere koje poduzimaju sudionici u projektiranju, gradnji i pogonu nuklearne elektrane radi poboljšanja djelotvornosti zaštitnih barijera mogu se sažeti u sljedećih nekoliko činjenica. Konzervativni projekt nuklearne elektrane određuje način njenog projektiranja uz velike rezerve i pesimističke pretpostavke. Sustavi i komponente u pravilu su višestruki. Građevinski objekti nuklearne elektrane se projektiraju za pouzdanu izdržljivost na najnepovoljnije vanjske utjecaje koji se mogu pojaviti na lokaciji elektrane (npr. seizmička aktivnost). Višestruki mjerni i regulacijski kanali trebaju osigurati nadzor i upravljanje i u uvjetima otkaza pojedinih mjernih i regulacijskih sustava. Posebno se to odnosi na sustav za obustavu pogona i odvođenje topline iz reaktora. Sustav kontrole i

⁵⁹ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Nuklearni-gorivni-ciklus>, 2015.

osiguranja kvalitete svodi na najmanju mjeru mogućnost pogrešaka u gradnji i pogonu elektrane, posebno onih koje bi mogle negativno utjecati na sigurnost. Školovanje osoblja nuklearne elektrane ulazi također u kategoriju aktivnosti koje su povezane s nuklearnom sigurnošću. Djelovanje sustava nuklearne elektrane stalno se prati, pri čemu se sustavno i pravovremeno otklanjaju svi uočeni nedostaci i preventivno djeluje da se uočeni nedostaci ne ponavljaju. Spoznaja o veličini nekog rizika i odluka o njegovoj prihvatljivosti mora se zasnivati na usporedbi tog rizika s ostalim rizicima kojim je čovjek izložen. Rizik je definiran kao produkt vjerojatnosti nastanka neželjenog događaja i njegovih posljedica. Rizik stanovništva koji žive u okolini nuklearnih elektrana neusporedivo manji zbog rada tih nuklearnih elektrana nego zbog drugih uzroka (posebno od automobilskih nesreća). Nesreće koje dovode do oštećenja jezgre bez gubitaka integriteta zaštitne zgrade vrlo malo utječu na okoliš. Rizici od reaktorskih nesreća kojima je izloženo stanovništvo manji su od rizika koji nastaju zbog drugih uzroka u svakodnevnom životu. Vjerojatnost nastanka reaktorskih nesreća mnogo je manja od vjerojatnosti nastanka drugih nezgoda koje daju slične posljedice. Nuklearna energija omogućuje da se izgrade energetska postrojenja čiji će utjecaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu biti osjetno povoljniji od utjecaja koje možemo postići uporabom konvencionalnih (obnovljivih i neobnovljivih) izvora energije.⁶⁰

⁶⁰ <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Utjecaj-na-okolis-i-sigurnost-pogona-nuklearnih-elektrana>, 2015.

4. ALOKACIJA RESURSA U SVIJETU

Solarna energija je najrašireniji i najveći izvor energije. Solarno tržište je postalo velika i značajna industrija, industrija koja raste tako brzo da su stručnjaci koji rade u njoj morali ažurirati mjerne jedinice iz megavata (MW) u gigavate (GW). Prema podacima iz 2014. godine zemlje svijeta koje su vodeće prema korištenju solarne energije jesu: Njemačka, Kina, Italija, Japan, SAD, Španjolska, Francuska, Australija, Belgija i Velika Britanija. Njemačka je sa svojih 35.5 GW instaliranih kapaciteta solarne energije svjetski lider. Dobre mogućnosti financiranja, velika dostupnost kvalificiranih tvrtki te svijest javnosti o važnosti fotonaponske tehnologije uvelike pridonose tom uspjehu. Očekuje se da će Njemačka ostati na vrhu solarnog tržišta. Sve što Kina radi, radi "na veliko". Kina je u vrlo kratko vrijeme povećala svoje solarne kapacitete te je sa 18.3 GW instaliranih kapaciteta solarne energije odmah iza Njemačke. Kina smanjuje uporabu ugljena, te bi tako kao zemlja koja je kao najveći svjetski zagađivač ugljikom mogla uskoro biti zemlja koja pokreće najviše zelene energije. Italija se s petog mjesta iz 2010. godine podigla na treću poziciju te stvara više solarne energije nego bilo koji drugi narod (17.6 GW). Japan je pao s trećeg mjesta iz 2010. godine na četvrto mjesto u 2014. godini (13.6 GW), ali povećavajući svoje kapacitete ostaje i dalje zemlja vrijedna natjecanja. Dok je kopnena površina prilično zagušena i naseljena, time ujedno i skupa, morske površine prilično su slobodne i neiskorištene te su kao takve idealni prostor za plutajuće elektrane. Izgradnja ovih plutajućih kolektora samo je nastavak u seriji gradnje obnovljivih izvora energije u Japanu. SAD je dugi niz godina bio vodeća sila, no polje se mijenja i sada se nalazi na petom mjestu s 12 GW. Kalifornija, Sjeverna Karolina, Nevada, Arizona, New Jersey, New York i Teksas su države koje najviše koriste solarnu energiju.⁶¹

Američka solarna energetska industrija koja ubrzano raste, sada ima više zaposlenih od tehnoloških giganta Apple, Google, Facebook i Twitter zajedno. U SAD-u je sada ukupno instalirano više od 20 GW solarnih elektrana koje proizvode dovoljno električne energije za skoro 4 milijuna kućanstava.⁶²

Španjolska je 2008. godine bila svjetski lider u proizvodnji solarne energije, no 2014. godine pala je na tek šestu poziciju za što se kao uzrok može navesti gospodarska kriza koja je zahvatila zemlju. Španjolska nije ni udvostručila kapacitete u tom periodu dok ih je Njemačka

⁶¹ <http://www.seia.org/sites/default/files/resources/Top%2010%20Solar%20States%202014%201pager.pdf>, 2015.

⁶² <http://www.obnovljivi.com/svijet/3325-solarna-industrija-u-sad-u-ostvarila-rekordne-instalacije-prosle-godine>, 2015.

učetverostručila. Francuska bilježi spori solarni rast, a kao glavni razlog je nedostatak političke potpore. Australija ima neke od najvećih potencijala za solarnu energiju u svijetu no još uvijek ne može konkurirati državama koje su prije navedene. Belgija je bila iznenađujući solarni kandidat još od 2009. godine. Belgijski uspjeh temelji se na dobro osmišljenom programu zelenih certifikata. Ta politika, zajedno uz stalni pad cijena solarnih panela je zadržala Belgiju među top deset zemalja solarne industrije. Velika Britanija je zemlja koja je udvostručila svoje kapacitete.⁶³

Vjetar je čist obnovljivi izvor energije, a budući da je besplatan, operativni troškovi su gotovo nula kada je jednom turbina podignuta. Prema podacima iz 2014. godine Kina je lider u sektoru energije vjetra. Energija vjetra se razvija munjevito u posljednjih nekoliko godina. Kina je instalirala 45 posto svih novih kapaciteta u 2014. godini. Velika kopnena masa zemlje i duga obale znači da Kina ima izvrsnog potencijala za energiju vjetra. Industrija vjetra u SAD-u bilježi rast u posljednjih desetak godina, a Texas ima najveći kapacitet energije vjetra. Njemačka je 2010. godine otvorila svoju prvu offshore vjetroeletranu, Alpha Ventus, u Sjevernom moru. To je tzv. priobalna vjetroelettrana s čvrstim temeljima u moru. Jedan od problema je se priključiti tržištu južne Njemačke. Španjolska zauzima četvrto mjesto među najboljim zemljama koje su proizvođači energije vjetra u svijetu. Međutim, španjolski sektor vjetra stagnira u posljednjih nekoliko godina. Indija je brzo uhvatila korak sa Španjolskom, unatoč tome što je relativno pridošlica u sektoru vjetra. Do kraja 2014. godine, instalirani kapaciteti u Velikoj Britaniji su se udvostručili što joj omogućuje da preskoči Francusku i Italiju na globalnoj ljestvici. Velika Britanija ima onshore (kopnene) i offshore vjetroelettrane, uz znatan rast u offshore sektoru. Kanada je zemlja koja ima ambicioznu strategiju za razvoj energije vjetra koja vodi do smanjenja emisije stakleničkih plinova. Francuska se suočava s nekoliko izazova, od kojih su najpoznatiji neadekvatni priključci i zaštićene zone u kojima su zabranjene vjetroturbine, te je Francuska pala za nekoliko mjesta na ljestvici. Italija bilježi rast sektora vjetra u prvom desetljeću ovog stoljeća. Jak vjetar na obalama čine Brazil idealnim mjestom za vjetroelettrane, a vlada je postavila cilj postizanja 20 GW kapaciteta energije vjetra do 2020.⁶⁴

Procjenjuje se da je samo trećina ukupnih svjetskih kapaciteta hidroelektrana razvijeno, a većina tog razvoja i rasta javlja se u Europi. Najviše instaliranih kapaciteta u Europi nalazi se

⁶³ <http://pureenergies.com/us/blog/top-10-countries-using-solar-power/>, 2015.

⁶⁴ <http://www.rediff.com/business/special/pix-special-top-10-wind-power-countries/20150612.htm>, 2015.

u Rusiji, a slijede Francuska i Španjolska. Najveći proizvođači hidroenergije u Europi su Švedska, Turska, Francuska, a slijede Italija, Austrija i Švicarska.⁶⁵

U istočnoj Aziji su Kina i Japan vodeće zemlje po proizvodnji hidroenergije kao i po instaliranim kapacitetima. Indija i Pakistan su vodeće zemlje južne Azije.⁶⁶

Najveća hidroelektrana u svijetu naziva se Tri klanca, a nalazi se u Kini (sl. 4).

Slika 4. Hidroelektrana Tri klanca (Three Gorges Dam), Kina



(Izvor: <http://aginfo.ba/portal/tekst/>, 2015.)

Hidroelektrana Tri klanca na kineskoj rijeci Jangceu najveće je postrojenje te vrste na svijetu i najveće svjetsko postrojenje za proizvodnju čiste energije. Gradnja megaprojekta, koji je u konačnici stajao više od 50 milijardi dolara i zbog kojeg je najmanje 1,3 milijuna ljudi moralo biti iseljeno iz svojih domova, počela je 1994. godine, a prvo generatorsko postrojenje u rad je stavljeno u srpnju 2003. Zahvaljujući proizvodnji struje iz Tri klanca, Kina je dosad svake godine uštedjela gotovo 200 milijuna tona ugljena.⁶⁷

Brazil, Venezuela i Argentina su uz Kolumbiju i Paragvaj vodeće zemlje u Latinskoj Americi.⁶⁸

Također na području Sjeverne i Srednje Amerike, SAD, Kanada i Meksiko drže vodeću poziciju na području hidroenergije.⁶⁹

⁶⁵ <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower/>, 2015.

⁶⁶ <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/east-asia/hydropower/>, 2015.

⁶⁷ <http://www.novolist.hr/Znanost-i-tehnologija/Hidroelektrana-Tri-klanca-na-Jangceu-u-Kini-u-punom-pogonu>, 2015.

⁶⁸ <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/latin-america-the-caribbean/hydropower/>, 2015.

Vodstvo u hidroenergiji na području jugoistočne Azije i Pacifika drže Australija, Novi Zeland, Vijetnam i Indonezija.⁷⁰

Biomasa se može proizvoditi gotovo svugdje na planeti. Biomasa bi mogla postati jedan od najvažnijih izvora energije u budućnosti, tj. izvor energije nad kojim se može izgraditi ekonomija čiste energije. Stoga, vrijeme biomase, kao i energije iz okoliša i vodika dolazi, što zbog reformi poljoprivrede u razvijenim zemljama, što zbog visoke cijene nafte.

Ugljen je najobilnije fosilno gorivo, no, njegova globalna potrošnja raste i očekuje se da će se još više povećati. Najveće rezerve i nalazišta ugljena jesu na području Azije, Europe (Rusija, Njemačka, Ukrajina), Sjeverne Amerike (SAD), istočne Azije (Kina, Sjeverna Koreja), jugoistočne Azije i Pacifika (Australija, Indonezija), južne i centralne Azije (Indija, Kazahstan), Afrike (Južna Afrika), Latinske Amerike (Kolumbija, Brazil) i Bliskog istoka (Iran), te sjeverne Afrike (Maroko). Zemlje koje imaju najbolje uvjete za proizvodnju ugljena su: Kina, SAD, Indija, Australija, Indonezija, Rusija, Južna Afrika, Njemačka itd.⁷¹

Sirova nafta postoji kao tekućina ugljikovodika u prirodnim podzemnim ležištima i uglavnom se koristi kao gorivo za transport. Većina tih sredstava nalazi se na području Bliskog istoka, a Saudijska Arabija, Iran i Irak imaju najveći broj dokazanih rezervi. Od ostalih regija slijede Latinska Amerika (Venezuela), Sjeverna Amerika (SAD, Kanada), Europa (Rusija, Norveška, Velika Britanija), Azija (Kuvajt, Irak, Iran, Ujedinjeni Arapski Emirati), Afrika (Nigerija), južna i centralna Azija (Kazahstan, Azerbejdžan), jugoistočna Azija i Pacifik (Indonezija, Malezija, Vijetnam) i istočna Azija (Kina).⁷²

Prirodni plin je najčišći i najučinkovitiji od fosilnih goriva. Više od 100 zemalja svijeta imaju rezerve prirodnog plina. Najveće rezerve se nalaze u Rusiji, Iranu i Kataru, a slijede ih SAD, Kanada, Norveška, Kina i Indonezija.⁷³

SAD ima najveći instalirani kapacitet za proizvodnju nuklearne energije, a Francuska je odmah iza nje. Slijede zemlje kao što su: Japan, Rusija, Njemačka, Južna Koreja, Kanada, Ukrajina, Kina i Švedska.⁷⁴

⁶⁹ <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/north-america/hydropower/>, 2015.

⁷⁰ <https://www.worldenergy.org/data/resources/region/southeast-asia-pacific/hydropower/>, 2015.

⁷¹ <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/coal/>, 2015.

⁷² <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/oil/>, 2015.

⁷³ <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/gas/>, 2015.

⁷⁴ <https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/nuclear/>, 2015.

5. ZAKLJUČAK

Teško je zamisliti što bi značilo živjeti bez energije. Električna energija je jedan od najvrjednijih proizvoda i svaka ga država nastoji proizvesti na svom teritoriju i ostvariti elektroenergetsku neovisnost. U posljednjim desetljećima energija je na neviđeni način ubrzala industrijski te društveno-ekonomski razvoj. Taj izvanredan sustav treba sve veću količinu goriva: nafte, ugljena, plina, vodene energije, nuklearne energije i sl.

U područje dobivanja energije iz Sunca bi se trebalo što prije ulagati (kao i u ostale izvore) zato što je to praktički nepresušni izvor, odnosno neograničeni i relativno čist izvor koji bi u budućnosti mogao biti mnogo djelotvorniji nego danas i pokazati se kao dobitna karta. Energija vjetra nije uvijek dobro prihvaćena zbog estetskih razloga, a može prouzročiti i teškoće u telekomunikacijskim vezama kao i smrtnost ptica. Nepostojanost i nestalnost vjetra, nužnost velikih površina te malo pogodnih područja samo su neki od dodatnih poteškoća vezanih za dobivanje energije putem vjetra. Noviji tipovi vjetroelektrana u velikoj mjeri uspijevaju rješavati te probleme. Energija vjetra može biti poprilično konkurentna energija, ali je još uvijek ograničena zbog već navedenih razloga. Energija vode je imala vrlo važnu ulogu u prošlosti, a u budućnosti bi se još puno trebalo uraditi vezano za poboljšanje takvog izvora energije. Hidroenergija ne stvara emisiju ugljikovog dioksida ni ostale štetne tvari, za razliku od izgaranja fosilnih goriva. Energija dobivena iz hidroelektrana može biti znatno jeftinija od energije dobivene iz fosilnih goriva ili nuklearne energije. Pretjerana briga za okoliš može biti prepreka razvoju hidroenergetike. Vodik ne postoji u prirodi, on je čisto gorivo te dodatni proizvod drugih energija. Treba paziti na onečišćenje prilikom njegove proizvodnje. Biomasa većinom dolazi iz biljaka, a to znači da dok postoji život na našem planetu tako dugo će postojati i biomasa kao mogući izvor energije. Biomasa je obnovljiva energija poput Sunčeve jer Sunce utječe na rast biljaka. O energiji iz biomase bi se moglo više govoriti samo kao o doprinosu, a ne kao o rješenju energetske pitanja. Slaba točka obnovljivih izvora energije jest u tome što su veoma raspršeni, a nemaju kontinuitet te proizvode na mahove. Na taj način stvaraju jedno nestabilno i nepredvidivo stanje u mreži. Uzrok slabog razvoja tržišta vezanog za dobivanje energije iz obnovljivih izvora energije u zemljama koje imaju potencijala (npr. Afrika za solarnu energiju) je slabo investiranje koje je povezano sa financijskom moći i politikom države.

Nafta, plin i ugljen su tri velika fosilna goriva koja su u različitim omjerima odgovorna za efekt staklenika zbog plinova koje pri izgaranju emitiraju u atmosferu. Problem bi trebalo

rješavati tehnologijama koje bi smanjile plinove, energetske uštedama te novim izvorima koji ne zagađuju okoliš. U svakom slučaju pred čovječanstvom je težak zadatak. Nafta će zasigurno ostati još neko vrijeme energent koji nosi ime lidera zbog svoje široke primjene, ali zbog zaliha bi moglo doći do čestih nestabilnosti cijena. Plin ima široku primjenu i prikladan je za proizvodnju toplinske i električne energije. Zalihe plina su mnogo veće od zalihe nafte, ali će vjerojatno u dogledno vrijeme doći i do njegove nestašice. Ugljen ima mnoge prednosti i ima ga dovoljno, ali je potrebno naučiti kako ga koristiti a da se istodobno manje zagađuje. Nuklearna energija suočena je s problemom odlaganja otpada i sigurnosti elektrana, ali je također energetski izvor koji iako posjeduje rizike, ne proizvodi plinove koji uzrokuju efekt staklenika. Sami odlučujemo kada i kako ćemo koristiti energiju fosilnih goriva i nuklearnu energiju. Najveći problem jest što nijedna zemlja nije spremna odustati spontano i voljno od opskrbe fosilnom energijom te se okrenuti obnovljivim izvorima.

Svaki energetski izvor ima određene mane i prednosti, no energetika budućnosti bi se u potpunosti trebala okrenuti prema obnovljivim izvorima energije čime bi prestalo nepovratno spaljivanje neobnovljivih izvora koje je upravo Sunčeva energija stvarala milijunima godina. Većina nas želi svijet čistih i obnovljivih resursa, ali smo još vrlo daleko od toga da uspijemo nagovoriti industrijska društva da u kratkome roku počnu s korištenjem novih tehnologija, a i potrebno je uložiti veliki napor u istraživanja kako bi se došlo do odgovarajućih rješenja.

LITERATURA

Knjige:

Budin, R. i Mihelić-Bogdanić, A. (2013.) *Izvori i gospodarenje energijom u industriji*. 1 izdanje. Zagreb: Element d.o.o.

Labudović, B. (2002.) *Obnovljivi izvori energije*. Zagreb: Energetika marketing.

Višković, A. Saftić, B. Živković, S.A. (2011.) *Ugljen: Sigurna energija*. Zagreb: Graphis d.o.o.

Višković, A. (2008.) *Svjetlo ili mrak: O energetici bez emocija*. Zagreb: Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Lider press d.d.

Internet izvori:

Academia.edu, Prerada nafte i njeni proizvodi

http://www.academia.edu/10366385/Prerada_nafte_i_njeni_proizvodi (14.7.2015.)

AG info, Otvorena najveća svjetska hidroelektrana „Tri klanca“

<http://aginfo.ba/portal/tekst/otvorena-najveca-svjetska-hidroelektrana-tri-klanca> (16.9.2015.)

Čuda prirode, Energija budućnosti: Što je nuklearna fuzija?

<http://cudaprirode.com/portal/bptkzn/6897-energija-budunosti-to-je-nuklearna-fuzija> (21.7.2015.)

Eco modul, Primjena fotonaponskih panela

<http://eko-modul.hr/solarna-energija/> (8.7.2015.)

e-kako, sve o svemu, Kako nastaje nuklearna energija?

<http://e-kako.geek.hr/znanost/fizika/kako-nastaje-nuklearna-energija/> (21.7.2015.)

Eko.Zagreb.hr, Fokusiranje Sunčeve energije

<http://www.eko.zagreb.hr/default.aspx?id=88> (8.7.2015.)

Izvori energije, Energija sunca (Solar energy, solar power)

http://www.izvorienergije.com/energija_sunca.html (8.7.2015.)

Izvori energije, Nafta (Oil)

<http://www.izvorienergije.com/nafta.html> (14.7.2015.)

Izvori energije, Neobnovljivi izvori energije (Non-renewable energy sources)

http://www.izvorienergije.com/neobnovljivi_izvori_energije.html (11.7.2015.)

Izvori energije, Prirodni plin (Natural gas)

http://www.izvorienergije.com/prirodni_plin.html (20.7.2015.)

Izvori energije, Ugljen (Coal)

<http://www.izvorienergije.com/ugljen.html> (11.7.2015.)

Leksikografski Zavod Miroslav Krleža, Platforma

<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=48634> (14.7.2015.)

Leksikografski Zavod Miroslav Krleža, Plinovod

<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=48741> (20.7.2015.)

Leksikografski Zavod Miroslav Krleža, Prirodni plin

<http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=50450> (20.7.2015.)

Mc Solar, Solarni kolektori

<http://www.mcsolar.hr/suncevi-kolektori.php> (8.7.2015.)

Montcogim Plinara, Što je prirodni plin

<http://www.montcogim.hr/HR/prirodni-plin/sto-je-prirodni-plin/> (20.7.2015.)

novilist.hr, Hidroelektrana Tri klanca na Jangceu u Kini u punom pogonu

<http://www.novilist.hr/Znanost-i-tehnologija/Hidroelektrana-Tri-klanca-na-Jangceu-u-Kini-u-punom-pogonu> (16.9.2015.)

Obnovljivi.com, Povijest korištenja energije Sunca

<http://www.obnovljivi.com/energija-sunca/50-povijest-koristenja-energije-sunca?showall=1>
(22.7.2015.)

Obnovljivi.com, Solarna industrija u SAD-u ostvarila rekordne instalacije prošle godine

<http://www.obnovljivi.com/svijet/3325-solarna-industrija-u-sad-u-ostvarila-rekordne-instalacije-prosle-godine> (16.9.2015.)

Pure energies

<http://pureenergies.com/us/blog/top-10-countries-using-solar-power/> (16.9.2015.)

Redif.com, Rediff Business

<http://www.rediff.com/business/special/pix-special-top-10-wind-power-countries/20150612.htm> (16.9.2015.)

Svjetski putnik.hr, Nizozemska nije samo Amsterdam

<http://www.svjetskiputnik.hr/putovanja/clanak/zemlja/72-nizozemska/naslov/273-nizozemska-nije-samo-amsterdam> (9.7.2015.)

United Nations Framework Conventions on Climate Changes, Kyoto Protocol

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (15.7.2015.)

Zelena energija.org, Primjena solarne energije:solarni termalni tornjevi kod Seville

<http://www.zelenaenergija.org/clanak/primjena-solarne-energije-solarni-termalni-tornjevi-kod-seville/220> (8.7.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/europe/hydropower/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/east-asia/hydropower/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/latin-america-the-caribbean/hydropower/>
(16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/north-america/hydropower/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/region/southeast-asia-pacific/hydropower/>
(16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/coal/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/oil/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/gas/> (16.9.2015.)

World energy council, Conseil mondial de l'energie

<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/nuclear/> (16.9.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Nuklearni gorivni ciklus

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Nuklearni-gorivni-ciklus> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Položaj nuklearne energije prema ostalim energentima u svijetu

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Položaj-nuklearne-energije-prema-ostalim-energentima-u-svijetu> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Povijesna zbivanja

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Povijesna-zbivanja> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Prve nuklearne elektrane u svijetu

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Prve-nuklearne-elektrane-u-svijetu> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Tipovi nuklearnih elektrana

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Tipovi-nuklearnih-elektrana> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Utjecaj na okoliš i sigurnost pogona nuklearnih elektrana

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Utjecaj-na-okolis-i-sigurnost-pogona-nuklearnih-elektrana> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, Uvodna razmatranja o nuklearnoj energiji

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Nuklearna-energija/Uvodna-razmatranja-o-nuklearnoj-energetici> (21.7.2015.)

www.MojaEnergija.hr, 20-Vodik i budući izvori energije

<http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Zelim-znati/Skola-energetike/20-Vodik-i-buduci-izvori-energije> (8.7.2015.)

2014 Top 10 Solar States

<http://www.seia.org/sites/default/files/resources/Top%2010%20Solar%20States%202014%201pager.pdf> (16.9.2015.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Obiteljska kuća sa solarnim kolektorima montiranih na krovu.	7
Slika 2. Solarni toranj konfiguracija zrcala fokusira Sunčevu energiju prema vrhu tornja. . . .	9
Slika 3. Selo vjetrenjača, Kinderdijk-Nizozemska.	11
Slika 4. Hidroelektrana Tri klanca (Three Gorges Dam)-Kina.	43

Sažetak

Energija je fizikalna veličina kojom se opisuje sposobnost obavljanja rada. Govoreći o energiji mogu se razlikovati energetske resursi i rezerve, izvori, vrste i oblici energije.

Obnovljivi izvori energije su oni koji su na Zemlji na raspolaganju u neograničenim količinama. Procesima pretvorbe oni se troše, a njihove se količine samo privremeno iscrpljuju. Obnovljivi izvori energije se mogu podijeliti u nekoliko osnovnih skupina: Sunčeva energija, energija vjetra, energija vodenih tokova, energija vodika, energija iz biomase i energija iz okoliša. Sunce je nama najbliža zvijezda i izvor gotovo sve raspoložive energije na Zemlji. Kroz povijest nailazimo na niz primjera iskorištavanja energije Sunca, još od 7. stoljeća prije Krista, od antičkih civilizacija, zatim starog vijeka do novijeg doba i pojave solarnih ćelija, kolektora i elektrana. Vjetar je posljedica Sunčevog zračenja, a još u pradavna vremena čovjek je uočio kako bi mogao iskoristiti tu energiju koja u prirodi postoji u izobilju. Električna energija koja se značajnije počinje koristiti na početku 20. stoljeća u njegovoj drugoj polovici dovodi do svojevrsnog preporoda vjetrenjača, odnosno postrojenja za proizvodnju električne energije-vjetroelektrane. Sve se vjetroelektrane sastoje od glavnih i sporednih dijelova, a primjena energije vjetra može predstavljati određenu opasnost za okoliš i ptice u okruženju. Pod pojmom energije vodenih tokova, obuhvaćene su sve mogućnosti za dobivanje energije iz strujanja vode u prirodi: iz kopnenih vodotoka, iz morskih mijena i iz morskih valova. Hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja, a potom u mehaničku energiju, te konačno, u električnu energiju. Hidroelektrane, kao i vjetroelektrane imaju svoje dijelove. Vodik je plin bez boje i mirisa, a na Zemlji se nalazi samo u kombinaciji s drugim elementima kao što su kisik, ugljik i dušik. Da bi se mogao upotrebljavati kao izvor energije, treba ga odvojiti od tih elemenata. Biomasa je obnovljivi izvor energije, a za primjenu biomase ključna su dva kriterija, i to raspoloživost i mogućnost transporta. Pri konverziji biomase i organskog otpada primjenjuje se niz procesa i metoda. Pod pojmom energija iz okoliša obuhvaćene su sve mogućnosti dobivanja energije iz neposrednog fizičkog okoliša: tla (podzemlja), vode i zraka.

Neobnovljivi izvori energije su oni čija je količina na Zemlji konačna i ograničena. Oni obuhvaćaju fosilne (nafta, ugljen i prirodni plin) i nuklearne izvore. Ugljen je zapaljiva organska sedimentna stijena čiji su glavni sastojci ugljik, vodik i kisik. Nastao je nakupljanjem biljnih ostataka u geološkoj prošlosti Zemlje. Ugljena ima najviše, a ima i najdužu povijest upotrebe. Istraživanja ležišta ugljena i njegova eksploatacija odvijaju se u

fazama te kao kontinuirani proces. Nafta je nastala iz ostataka biljaka i životinja koje su živjele prije mnogo milijuna godina u morima. Sirova nafta se rijetko može upotrijebiti u stanju u kakvom je dobivena iz zemlje, već je potrebno da se pročisti i preradi. Veliki problem prilikom bušenja i transporta je mogućnost isticanja nafte u okoliš. Prirodni plin je zapaljiva mješavina plinova ugljikovodika te sadrži najvećim dijelom plin metan. Nalazi se u ležištima, koja se nalaze uglavnom u sedimentnim stijenama, na dubinama od nekoliko stotina do nekoliko tisuća metara. Često se i nafta i prirodni plin izvlače iz istog nalazišta. Nuklearna energija je energija čestica pohranjena u jezgri atoma. Ima važnu ulogu u osiguravanju različitosti izvora električne energije. Ta uloga dobivat će na značaju sve više uzimajući u obzir činjenicu da se rezerve fosilnih goriva, naročito nafte i prirodnog plina, ubrzano iscrpljuju.

Solarno tržište je postalo velika i značajna industrija. Dobre mogućnosti financiranja, velika dostupnost kvalificiranih tvrtki te svijest javnosti o važnosti fotonaponske tehnologije uvelike pridonose tom uspjehu. Energija vjetra se razvija munjevito u posljednjih nekoliko godina, a Kina je vodeća na tom tržištu. Procjenjuje se da je samo trećina ukupnih svjetskih kapaciteta hidroelektrana razvijeno, a većina tog razvoja i rasta javlja se u Europi. Vrijeme biomase, kao i energije iz okoliša i vodika tek dolazi. Zemlje koje imaju najbolje uvjete za proizvodnju ugljena su: Kina, SAD, Indija, Australija, Indonezija, Rusija, Južna Afrika, Njemačka itd. Većina rezervi nafte nalazi se na području Bliskog istoka, a Saudijska Arabija, Iran i Irak imaju najveći broj dokazanih rezervi. Više od 100 zemalja svijeta imaju rezerve prirodnog plina. SAD ima najveći instalirani kapacitet za proizvodnju nuklearne energije, a Francuska je odmah iza nje.